

АННОТИРОВАННЫЙ СБОРНИК
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ

МАГИСТРОВ

2015



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

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



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Санкт-Петербург

2015

Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ магистров Университета ИТМО / Главный редактор проректор по НР д.т.н., профессор В.О. Никифоров. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 438 с.

Сборник представляет итоги конкурса на лучшую научно-исследовательскую выпускную квалификационную работу среди магистров Университета ИТМО и издается с целью развития творческого потенциала дипломированных магистров, их навыков научно-исследовательской работы, стимулирования участия студентов в научных исследованиях, усиления роли научно-исследовательской работы в повышении качества подготовки магистров с высшим образованием, формирования резерва для кадров высшей квалификации.

ISBN 978-5-7577-0516-3



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2015

© Авторы, 2015

ВВЕДЕНИЕ

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

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

Первый этап Конкурса проводился на выпускающих кафедрах университета. По итогам предзащит ВКР магистров кафедрами было принято решение о выдвижении лучших работ в Государственную аттестационную комиссию (ГАК). По итогам работы ГАК были окончательно определены 110 лучших НИВКР на 44 кафедрах.

Второй этап Конкурса проводился на факультетах университета. По итогам представленных кафедрами работ, деканами факультетов был проведен анализ ВКР магистров, и определены победители Конкурса на факультетах. В итоге по факультетам состоялось 13 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 определены «Лучшие НИВКР» проведенные в университете за 2015 год.

Статистические данные участия магистров

| Этап | Название конкурса | Приняло участие | Победители |
|------|----------------------|-----------------|------------|
| I | Конкурсы кафедр | 1203 | 110 |
| II | Конкурсы факультетов | 110 | 58 |
| III | Конкурс университета | 58 | 43 |

По итогам Конкурса среди магистров было определено 43 победителя на «Лучшую НИВКР университета» и 15 лауреатов, которые стали победителями Конкурсов, проведенных на факультетах.

Общее количество магистров, участвовавших в конкурсах на «Лучшую научно-исследовательскую выпускную квалификационную работу» составило 1203 человека.

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 т.ч. 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 5 страниц.

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

Итоги Конкурса были подведены на заседании НТС университета и оформлены приказом ректора Университета ИТМО № 761-од от 28.08.2015 г.

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



Акифьева Вероника Анатольевна

Год рождения: 1992

Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра экономики и стратегического менеджмента, группа № 6072

Направление подготовки: 080100 – Экономика

e-mail: akifyeva.veronika@gmail.com

УДК 339.138

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ МАРКЕТИНГОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ

В.А. Акифьева

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

В настоящее время маркетинговый потенциал остается малоизученным, недооцененным и незадействованным. Необходимость исследования маркетингового потенциала становится все более актуальной научной и практической задачей, поскольку знание достигнутого уровня его основных элементов определяет будущие направления развития маркетинговой деятельности предприятия [1]. В современной экономической литературе не существует единого мнения относительно определения, содержания и оценки маркетингового потенциала. Неосвещенными являются вопросы формирования, структуры и взаимодействия маркетингового потенциала с другими видами потенциалов предприятия. Концепции существующих методик оценки маркетингового потенциала имеют ряд существенных недостатков, к числу которых в первую очередь необходимо отнести следующие: оценка не сводится к единому показателю и отсутствует ее интерпретация; привязка к отраслевой специфике; игнорируется системный подход к формированию и оценке потенциала и другие. Основной **целью работы** являлась разработка методики оценки маркетингового потенциала предприятия, которая, во-первых, является комплексной, т.е. учитывающей группы показателей, оказывающих наибольшее влияние, во-вторых, является лаконичной, т.е. не имеющей информационной перенасыщенности и высокой трудоемкости в расчетах, и, в-третьих, корректирует выявленные недостатки других разработок.

Первая задача, которая была решена в рамках работы – это анализ, систематизация и уточнение понятия «маркетинговый потенциал предприятия». В рамках работы выполнено масштабное исследование, в результате которого все существующие довольно разнообразные определения понятия «маркетинговый потенциал предприятия» сведены к трем основным подходам: ресурсный подход, результативный подход и целевой подход [2]. Автором сформулировано определение понятия «маркетинговый потенциал предприятия», которое представляет его как систему, интегрирующую наличные маркетинговые ресурсы, созданные резервы, способности по их использованию и привлекательные возможности внешней среды. При этом функционирование и развитие системы подчинено достижению маркетинговых целей предприятия.

Следующие задачей, которую необходимо было решить является исследование и разработка структуры исследуемого понятия. К исследованию формирования и развития маркетингового потенциала, на взгляд автора, целесообразно применить системный подход. Важно отметить, что система потенциала маркетинга является подсистемой экономического потенциала предприятия и ее функционирование и

развитие подчинено целям предпринимательской деятельности. В структуре потенциала маркетинга необходимо учесть: подсистему ресурсов; подсистему резервов; подсистему способностей; подсистему возможностей и подсистему управления.

Автором разработана модель формирования маркетингового потенциала. Ее суть состоит в том, что основные элементы потенциала (ресурсы, резервы и способности, связующим звеном которых является подсистема управления) помещены во внешнюю среду. В свою очередь во внешней среде существуют возможности, которые подразделяются на возможности микросреды и макросреды. Поскольку маркетинговый потенциал, как открытая система, взаимодействует с внешней средой в условиях ее неопределенности, то представляется необходимым учет факторов неопределенности и рисков. Также важно учитывать синергию, возникающую в процессе взаимодействия подсистем потенциала. Необходимо отметить, что все это имеет смысл исключительно в рамках определенных целей.

Третьей задачей, которая была решена, является исследование взаимосвязи маркетингового, экономического и рыночного потенциала предприятия с потенциалом рынка. Автором устранена существующая в литературе путаница в понятиях «рыночный потенциал предприятия» и «потенциал рынка». В процессе исследования выявлено, что экономический потенциал является ведущим по отношению к другим (маркетинговому и рыночному) и включает их в себя как составные элементы наряду с другими видами потенциалов: производственным, кадровым, инновационным и другими. Рыночный потенциал предприятия определяется максимально возможным объемом продаж товаров или услуг на рынке при наиболее благоприятных условиях. Он формируется во внешней среде предприятия и является менее управляемым для него. А маркетинговый потенциал выступает связующим звеном между предприятием и рынком, объединяя подсистемы экономического потенциала предприятия и потенциал рынка.

Заключительной задачей исследования являлась разработка методики оценки маркетингового потенциала. Разработка методики оценки потенциала маркетинга сталкивается с рядом затруднений, к числу которых, в первую очередь следует отнести разную размерность отдельных элементов потенциала. Эта проблема решается путем введения балльных оценок для отдельных показателей. В целях последующей оценки уровень маркетингового потенциала автором детализирован и расширен: маркетинговый потенциал в рамках общей цели; маркетинговый потенциал в рамках конкретной цели; резервный маркетинговый потенциал и максимально возможный маркетинговый потенциал.

Главная идея разработанной методики заключается в том, что маркетинговый потенциал предприятия графически можно интерпретировать как геометрическую фигуру – многоугольник. Количественная оценка уровня потенциала сводится к определению площади этого многоугольника. Для определения уровня маркетингового потенциала применяется аддитивно-мультипликативная модель – расчет площади многоугольника, построенного на основе значений комплексных показателей. Вычисление площади многоугольника характеризует реальный результат оценки маркетингового потенциала, т.е. величина этого показателя определяет его количественную оценку.

Содержание оценки маркетингового потенциала должно отражать основные параметры маркетинговой деятельности и определяться, следующими комплексными показателями: подсистема ресурсов (P_1); подсистема резервов (P_2); подсистема способностей (P_3); подсистема возможностей (P_4); подсистема управления (P_5); синергия (S) и риски (K_R). Количественная оценка комплексных показателей

осуществляется с помощью экспертных оценок (в баллах по шкале от 0 до 1) и весомости отдельных единичных или групповых показателей.

После количественной оценки комплексных показателей необходимо перейти к построению многоугольника и расчету его площади. Правила, согласно которым производится построение многоугольника для конкретного предприятия, представлены в таблице.

Таблица. Правила построение многоугольника маркетингового потенциала предприятия

| № п/п | Название правила | Раскрытие сути правила |
|-------|--|---|
| 1 | Число векторов = Количество комплексных показателей | Из одной точки (центра) проводятся векторы, число которых равно количеству выбранных комплексных показателей, характеризующих маркетинговый потенциал предприятия |
| 2 | Определение угла между векторами | Угол α между векторами одинаков и рассчитывается следующим образом: $\alpha = \frac{360^\circ}{\text{Количество комплексных показателей}}$ |
| 3 | Фиксация приведенных значений | На каждом векторе откладывается приведенное значение соответствующего комплексного показателя от 0 до 1 |
| 4 | Сведение точек в многоугольник | Полученные точки, соответствующие значению комплексных показателей, соединяются, и получается многоугольник |

Площадь многоугольника маркетингового потенциала рассчитывается следующим образом:

$$MP = \left(\frac{1}{2} \sin(\alpha) (P_1 P_3 + P_3 P_4 + P_4 P_5 + P_5 S + S P_1) \right) K_R,$$

где MP – уровень маркетингового потенциала в рамках общей цели; $\sin(\alpha)$ – угол между векторами в многоугольнике, так как векторов в модели пять, то угол будет равен 72° ; P_1, \dots, P_5, S – значения комплексных показателей маркетингового потенциала предприятия, которые представляют собой стороны треугольников, лежащих в основании фигуры; K_R – понижающий коэффициент.

Диапазон значений уровня маркетингового потенциала предприятия измеряется от 0 не включительно до 2,3 включительно. Если полученная количественная оценка попадает в интервал $(0,0; 0,6]$, то уровень маркетингового потенциала трактуется, как низкий, что говорит о наличии нарушений в большинстве подсистем маркетингового потенциала. Если количественная оценка попадает в интервал $(0,6; 1,5]$, то уровень маркетингового потенциала трактуется, как средний, что говорит о том, что в целом отдел маркетинга довольно успешно функционирует, однако, он может позволить себе реализацию не всех возможностей, предоставляемых внешней средой, и достижение не всех поставленных целей. Попадание количественной оценки в интервал $[1,5; 2,3]$ свидетельствует о высоком уровне маркетингового потенциала исследуемого предприятия, что характеризует ситуацию, когда отдел маркетинга конкретного предприятия оснащен всеми необходимыми для успешной деятельности составляющими.

Графическая интерпретация количественной оценки маркетингового потенциала предприятия представлена на рисунке.

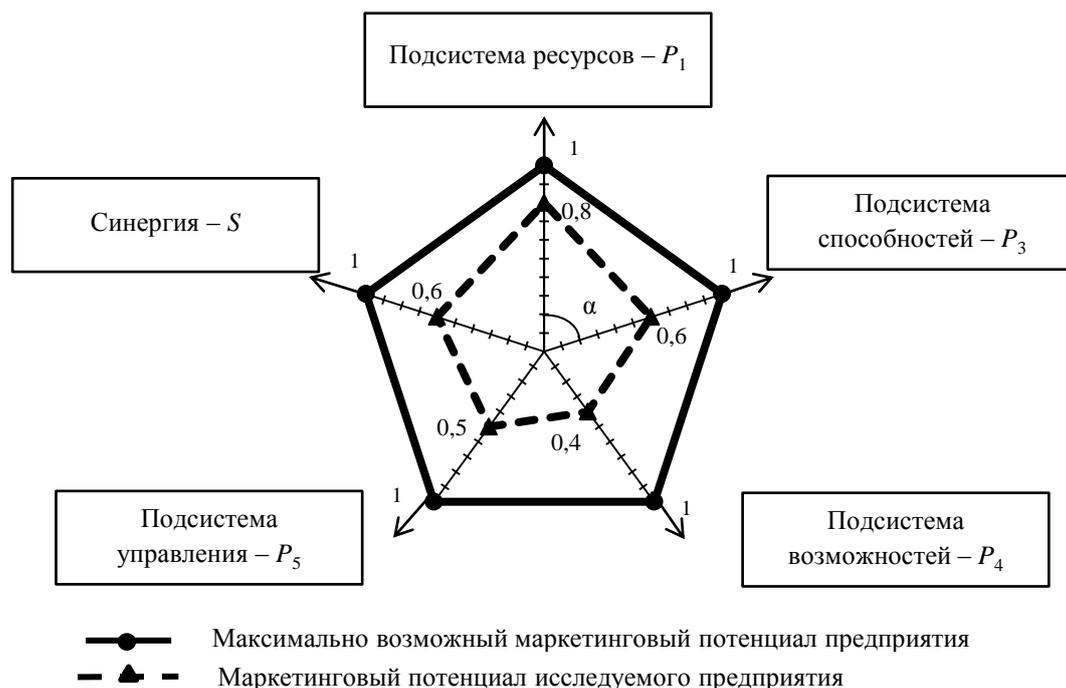


Рисунок. Графическая интерпретация количественной оценки маркетингового потенциала в рамках общей цели (источник: составлено автором)

Подводя итог, можно сказать, что разработанная автором методика: дает возможность получения количественной оценки маркетингового потенциала в виде интегрального показателя – одного числа; дает возможность выявления направлений и пределов наращивания маркетингового потенциала благодаря тому, что заявлены максимальные значения комплексных показателей; учитывает системный подход к формированию маркетингового потенциала, что выражается в учете взаимодействия потенциала с внешней средой в условиях ее неопределенности по средствам введения в формулу расчета понижающего коэффициента вероятности наступления рисков, и в оценке уровня взаимодействия подсистем потенциала по средствам введения в модель комплексного показателя «синергия». Представленная методика носит универсальный характер, т.е. позволяет варьировать оцениваемые комплексные, групповые и единичные показатели, а также может быть адаптирована для любого вида потенциала и использована на предприятии любой отрасли. А апробация разработанной методики позволила получить результаты, которые дают основания для принятия обоснованных решений.

Литература

1. Акифьева В.А., Батова Т.Н. Анализ и классификация методик оценки маркетингового потенциала предприятия // Материалы VII Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум 2015» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.scienceforum.ru/2015/811/12023, своб.
2. Акифьева В.А., Батова Т.Н. Систематизация определений понятия «маркетинговый потенциал предприятия» // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.science-education.ru/121-17435, своб.
3. Жигунова О.А. Теория и методология анализа и прогнозирования экономического потенциала предприятия // Финансы и кредит. – 2010. – С. 21.

4. Колесник Е.Н. Процесс управления маркетинговым потенциалом на промышленном предприятии // Вестник ВУиТ. – 2013. – № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/protsess-upravleniya-marketingovym-potentsialom-na-promyshlennom-predpriyatii>, своб.



Аксенов Виталий Евгеньевич

Год рождения: 1994

Факультет информационных технологий и программирования,
кафедра компьютерных технологий, группа № 6539

Направление подготовки: 010400 – Технологии проектирования
и разработки программного обеспечения

e-mail: aksenov.vitaly@gmail.com

УДК 519.148

КОМБИНАТОРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ЧИСЛА ПАРСОЧЕТАНИЙ И ОПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ НА РЕШЕТКАХ

В.Е. Аксенов

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент К.П. Кохась

В работе рассмотрены два совершенно различных комбинаторных способа подсчета определителей и числа паросочетаний различных графов. Результаты, полученные в работе, имеют большое значение. Представляет интерес класс задач, связанных с подсчетом количества паросочетаний в графах. Рассмотрим в качестве примера задачу подсчета высокотемпературной сверхпроводимости веществ на модели димеров. Представим себе кристаллическую решетку вещества. При действии магнитного поля атомы решетки разбиваются на пары – димеры. И количество способов атомам решетки разбиться на пары позволяет оценить высокотемпературную проводимость. А это не что иное, как количество паросочетаний в специфическом графе.

Подсчет определителя матрицы смежности графа также является востребованной задачей. Рассмотрим применение на примере абелевой песочной модели, введенной в 1987 году. Модель представляет собой клеточный автомат, каждая клетка которого выдерживает фиксированное количество песчинок, для различных клеток их количество может различаться. Изначально в каждой клетке находится какое-то количество песчинок, при превышении критического количества в клетке, песчинки рассыпаются по соседним клеткам. Утверждается, что если в системе присутствует клетка, которая может выдержать бесконечное число песчинок, то система достигнет состояния равновесия. Количество важных состояний системы является определителем несколько поправленной матрицы смежности.

Пусть G – произвольный связный (неориентированный) граф, и пусть $A(G)$ – его матрица смежности.

Граф G может иметь петли и взвешенные ребра, в этом случае $A(G)$ – произвольная симметричная матрица. В работе рассмотрены задачи о подсчете определителей и количества паросочетаний и представлены новые способы их решения.

Цель работы заключалась в разработке более эффективных и более общих методов подсчета определителей и числа паросочетаний для различных графов.

В работе было предложено два способа для решения данной задачи. Первый способ ориентирован на усовершенствование комбинаторной техники, изобретенной в работе автора, для подсчета определителей матриц смежности односвязных клетчатых фигур на плоскости на различных решетках: прямоугольная, «крепостная» и

шестиугольная. Вторым же методом более новым: комбинаторная техника для вычисления определителя $\det A(G)$, которая обобщает трюк «Urban Renewal» Куперберга и Проппа, применяемый при подсчете паросочетаний графа.

Перед тем как перейти к результатам первого метода, введем теоремы и определения, которые понадобились для его обнаружения.

Лемма о полудиagonали [1]. Пусть фигура F содержит фрагмент, состоящий из трех диагональных рядов клеток (рис. 1), причем клетки, помеченные крестиками, не принадлежат фигуре. Тогда множество замощений фигуры F , не содержащих доминошку, помеченную жирными кружочками, разбивается на хорошие пары.

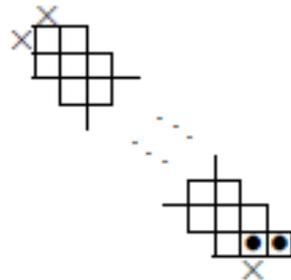


Рис. 1. Полудиagonalь

Замощением клетчатой фигуры будем называть разбиение этой фигуры на домино. В статье [2] изучаются вопросы вычисления определителей матриц смежности клетчатых фигур с помощью изучения замощений этих фигур. Следуя [2], будем называть пару разбиений на домино хорошей, если количества вертикальных домино в них отличаются ровно на два.

1. Теорема. Пусть F произвольная односвязная клетчатая фигура площади $2s(F)$. Если все замощения фигуры F разбиваются на хорошие пары, то $\det A_F = 0$. Если все замощения, кроме одного, разбиваются на хорошие пары, то $\det A_F = (-1)^{s(F)}$.

Пусть дана фигура на клетчатой плоскости. Рассмотрим матрицу смежности двойственного графа, вершинами которого являются клетки, смежные клетки соединены ребрами. Задача: посчитать определитель матрицы смежности. Как показано в работе [2], можно сразу же найти значение определителя, если известно, что разбиения клетчатой фигуры на домино разбиваются на хорошие пары.

Ниже показано, что для широкого класса фигур такое разбиение на пары действительно существует.

2. Теорема. У любой односвязной фигуры на клетчатой плоскости все разбиения на домино, кроме, возможно, одного, можно разбить на хорошие пары.

Данная теорема доказывается несложным способом, используя метод математической индукции по площади.

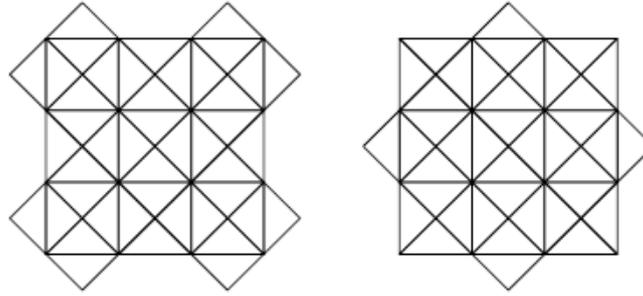
Следующие же две теоремы являются важными следствиями. Вторая из них объясняет, что существует алгоритм для вычисления данного определителя с асимптотикой времени работы меньше, чем у алгоритма Гаусса.

3. Теорема. Пусть F – произвольная односвязная клетчатая фигура на плоскости, тогда определитель ее матрицы смежности равен либо 0, либо ± 1 .

Далее была совершена попытка отойти от стандартной клетчатой решетки. Как пример были взяты «крепостная» и шестиугольная. Рассмотрим каждую поподробнее.

- Определение ([3]). Крепостью порядка n называется квадрат $n \times n$, в котором проведены все диагонали и вдоль каждой из его сторон добавлены треугольники в четном или нечетном порядке.

При четном n имеются два, изоморфных относительно вращения на 90° , варианта (рис. 2), тогда как при нечетном n , два варианта существенно различны.

Рис. 2. Два варианта крепости порядка n

- Определение. Рассмотрим граф, двойственный к крепости (рис. 3, а), на каком-либо примере.

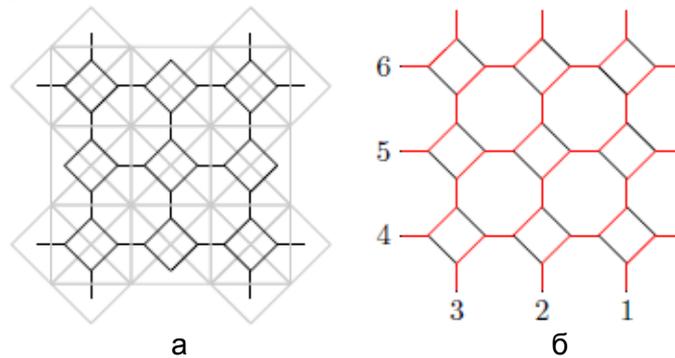


Рис. 3. Пример графа, двойственного к крепости (а); произвольная фигура на крепостной решетке (б)

Таким образом, двойственный граф состоит из ромбиков и восьмиугольников. Описанную решетку будем в дальнейшем называть крепостной.

Про данную решетку получилось немного результатов.

- Определение. Пусть дана произвольная фигура на крепостной решетке. Рассмотрим на крепостной решетке «извилистые» ломаные, идущие слева-снизу вправо-вверх (на рис. 3, б ломаные изображены красным цветом).

Пронумеруем ломаные, задевающие фигуру, и каждой вершине фигуры сопоставим число – номер ломаной, на которой она лежит, в дальнейшем это число будем называть ординатой вершины.

4. Теорема. Для любой односвязной фигуры на крепостной решетке выполняется следующее равенство: $a - b + 2d - 2 \equiv_4 v$, где a – количество вершин на границе с четной ординатой; b – количество вершин на границе с нечетной ординатой; d – количество вершин строго внутри фигуры, а v – количество ребер, которые идут в направлении вправо-вниз.

Про шестиугольную решетку удалось получить более существенный результат.

- Определение ([4]). Рассмотрим фигуру, расположенную на решетке, состоящей из треугольников, и разобьем треугольники, принадлежащие этой фигуре, на пары, если они смежные. Полученное разбиение будем называть разбиением фигуры на ромбы.

Двойственным графом к ней является шестиугольная решетка. И разбиение фигуры на ромбы это не что иное, как паросочетание в ней.

- Определение. Пусть дана произвольная фигура на шестиугольной решетке. Рассмотрим на решетке ломаные, которые идут слева направо (на рис. 4, б ломаные изображены красным цветом).

Пронумеруем ломаные, задевающие фигуру, и каждой вершине фигуры сопоставим число – номер ломаной, на которой она лежит. В дальнейшем будем называть это число ординатой вершины.

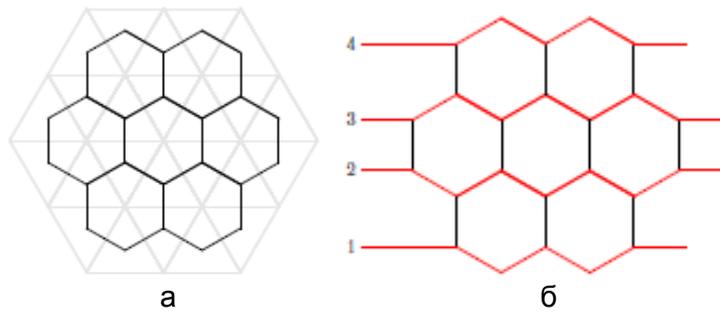


Рис. 4. Шестиугольная решетка (а); произвольная фигура на шестиугольной решетке (б)

5. Теорема. Для любой односвязной фигуры на шестиугольной решетке выполняется следующее равенство: $a - b + 2d - 2 \equiv_4 v$, где a – количество вершин на границе с четной ординатой; b – количество вершин на границе с нечетной ординатой; d – количество вершин строго внутри фигуры, а v – количество вертикальных ребер на границе.
6. Теорема. $\det A_F = (-1)^{\text{количество вершин}/2} C^2$, где C – количество разбиений на домино.

Во второй части работы, была разработана новая техника «вырезания чипа», которая позволяет считать определитель матриц смежности графов.

Сначала, было предложено рассмотреть метод «Urban renewal», который позволяет упрощать граф при подсчете числа паросочетаний, и применить его к подсчету определителей.

- Лемма («Urban renewal» для паросочетаний). Пусть граф G содержит подграф H , изображенный на рис. 5, а, причем в графе могут быть ребра, не показанные на рисунке, но все черные вершины имеют степень 3, т.е. все их ребра указаны. Заменим этот подграф на подграф H' , изображенный на рис. 5, б, где новые веса задаются формулами $x' = \frac{y}{xy+wz}$, $y' = \frac{x}{xy+wz}$, $z' = \frac{w}{xy+wz}$ и $w' = \frac{z}{xy+wz}$. Полученный граф назовем G' . Тогда $M(G) = (xy + zw)M(G')$.

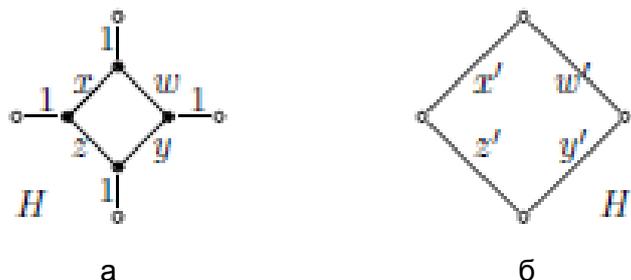


Рис. 5. «Urban renewal» для паросочетаний: граф G содержит подграф H (а); подграф H' (б)

- Лемма («Urban renewal» для определителей). Пусть граф G содержит подграф H , изображенный на рис. 5, а, причем в графе могут быть ребра, не показанные на рисунке, но все черные вершины имеют степень 3, т.е. все их ребра указаны. Заменим этот подграф на подграф H' , изображенный на рис. 5, б, где новые веса задаются формулами $x' = \frac{y}{wz-xy}$, $y' = \frac{x}{wz-xy}$, $z' = \frac{w}{xy-wz}$ и $w' = \frac{z}{xy-wz}$.

Тогда $\det A(G) = (xy - wz)^2 \det A(G')$.

Данный метод позволяет, например, посчитать определитель матрицы смежности ацтекского диаманта и цилиндра с окружностью длины 4.

По сути, данный метод и навел на мысль рассмотреть более общий метод, который был назван техникой удаления чипа.

Пусть дан граф G .

Чип H – это произвольный индуцированный подграф графа G , такой что $\det(A(H)) \neq 0$, где $A(H)$ его матрица смежности.

Вершины чипа, из которых ведет ребро наружу (в остальную часть графа G), будем называть наружными вершинами, а вторые концы этих ребер – контактами (на которые крепится чип).

Пусть чип H содержит h вершин и k контактов; рассмотрим в блочном виде матрицу смежности $A(G)$:

$$A(G) = \begin{pmatrix} A(H) & K & 0 \\ K^T & L & * \\ 0 & * & * \end{pmatrix},$$

где K – блок $h \times k$, отвечающий за присоединение чипа к оставшемуся графу; L – блок $k \times k$, задающий ребра графа G , соединяющие контакты (он может быть нулевым), а звездочками обозначены элементы, отвечающие за остальные ребра вне чипа.

Домножив слева на матрицу $D = \begin{pmatrix} A(H)^{-1} & E & 0 \\ 0 & E & 0 \\ 0 & 0 & E \end{pmatrix}$, мы добьемся того, что в правом

верхнем углу будет расположен единичный блок $h \times h$: $A(G) = \begin{pmatrix} E & A(H)^{-1}K & 0 \\ K^T & L & * \\ 0 & * & * \end{pmatrix}$.

Теперь вычтем подходящие строки, чтобы полностью занулить блок K^T , при этом изменится также и блок L , получится матрица

$$A(G) = \begin{pmatrix} E & A(H)^{-1}K & 0 \\ 0 & \tilde{L} & * \\ 0 & * & * \end{pmatrix}, \text{ где } \tilde{L} = L - K^T A(H)^{-1}K.$$

Наконец, домножив слева на D^{-1} , мы «вернем обратно» блок $A(H)$ и получим матрицу $\begin{pmatrix} A(H) & K & 0 \\ 0 & \tilde{L} & * \\ 0 & * & * \end{pmatrix}$. Изменения, которые произошли с блоком L , мы

истолковываем как «ремонт» или «установку перемычек», т.е. проведение дополнительных ребер между контактами. Веса этих ребер указаны в матрице $-K^T A(H)^{-1}K$. Граф, полученный в результате ремонта, обозначим G' . Очевидно, определитель матрицы не изменился в результате наших действий, а матрица $\begin{pmatrix} \tilde{L} & * \\ * & * \end{pmatrix}$ – это в точности матрица смежности отремонтированного графа $A(G')$.

Таким образом,

$$\det A(G) = \det A(H) \cdot \det A(G').$$

На удивление, данная не очень сложная техника позволяет найти число паросочетаний и посчитать определитель у таких фигур, как прямоугольник, цилиндр и тор. Также полученная техника позволяет использовать методы для подсчета определителей и числа паросочетаний за асимптотику времени работы, меньшую, чем асимптотика времени работы алгоритма Гаусса.

Литература

1. Кохась К. Разбиения на домино // Мат. просвещение. Третья серия. – 2005. – Вып. 9. – С. 143–163.
2. Аксенов В., Кохась К. Разбиения на домино и определители // Зап. научн. семин. ПОМИ. – 2014. – Т. 421. – С. 5–18.
3. Yang B.-Y. Three enumeration problems concerning Aztec diamonds // Department of Mathematics, Massachusetts Institute of Technology. – Cambridge, Massachusetts, 1991.

4. Thurston W. Conway's tiling groups // American Mathematical Monthly. – 1990. – V. 97. – P. 757–773.



Антонов Александр Александрович

Год рождения: 1992

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6114

Направление подготовки: 230100 – Информатика и вычислительная
техника

e-mail: antonov.alex.alex@gmail.com

УДК 004.25

**ОРГАНИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОМПОНЕНТОВ
ПОДСИСТЕМЫ ПАМЯТИ МИКРОПРОЦЕССОРОВ
И СИСТЕМЫ-НА-КРИСТАЛЛЕ**

А.А. Антонов

Научный руководитель – к.т.н., доцент П.В. Кустарев

Работа выполнена в рамках темы НИР № 610481 «Разработка методов и средств системотехнического проектирования информационных и управляющих вычислительных систем с распределенной архитектурой», выполняемой совместно с Технологическим университетом г. Тампере (Финляндия).

Микропроцессоры (МП) и системы-на-кристалле (СнК) являются неотъемлемыми компонентами современных вычислительных систем. При этом одной из ключевых проблем архитектур таких систем, является так называемая «стена памяти», ситуация, когда рост производительности трактов обмена с памятью серьезно отстает от роста производительности вычислительных компонент, и подсистема памяти становится «узким местом», тормозящим рост общесистемной производительности, и, как следствие, начинает во многом определять быстродействие системы в целом. Учитывая сложность внутренней организации современных МП и СнК, в том числе и подсистемы памяти, прогнозирование производительности системы требует наличия информации о характеристиках функционирования компонентов, не видимых и не управляющихся напрямую, т.е. относящихся к внутреннему устройству системы – ее микроархитектуре. Однако зачастую техническая документация данного уровня является закрытой, а открытая информация является неполной и не дает исчерпывающего представления о происходящих внутри системы процессов. **Целью работы** стала разработка средств селективного измерения функциональных параметров (пропускной способности и задержки) компонентов подсистемы памяти МП/СнК.

В рамках работы были решены следующие задачи.

1. Исследование существующих методов и технологий селективного анализа характеристик компонентов подсистемы памяти МП и СнК.
2. Выработка метода измерения пропускной способности и задержки компонентов кэш-подсистемы МП и СнК.
3. Разработка измерительного программного обеспечения, проведение измерений на реальном МП или СнК.

4. Оценка предложенных решений.

Актуальной проблемой в рамках микроархитектурного анализа МП и СнК является разработка способа селективных измерений пропускной способности и задержки отдельных функциональных компонентов и блоков (например, блоков адресуемой накристалльной памяти, кэш-памяти, буфера ассоциативной трансляции). Измерение характеристик компонентов, для которых отсутствуют средства прямого управления (например, кэш-памяти) является нетривиальным. Анализ существующих технологий (в том числе X-Ray [1], LMBench [2], BenchIT [3]) показывает, что ни одна из них не обеспечивает выборочную работу исключительно с заданным (исследуемым) уровнем кэш-памяти и верификацию корректности эксперимента, т.е. соответствия количества обращений, подразумеваемого при создании теста, и количества реальных обращений к исследуемому узлу.

Для решения проблемы верификации соответствия реального процесса в вычислительной системе с представляемым, автором предлагается метод селективного измерения характеристик компонентов подсистемы памяти (рис. 1).

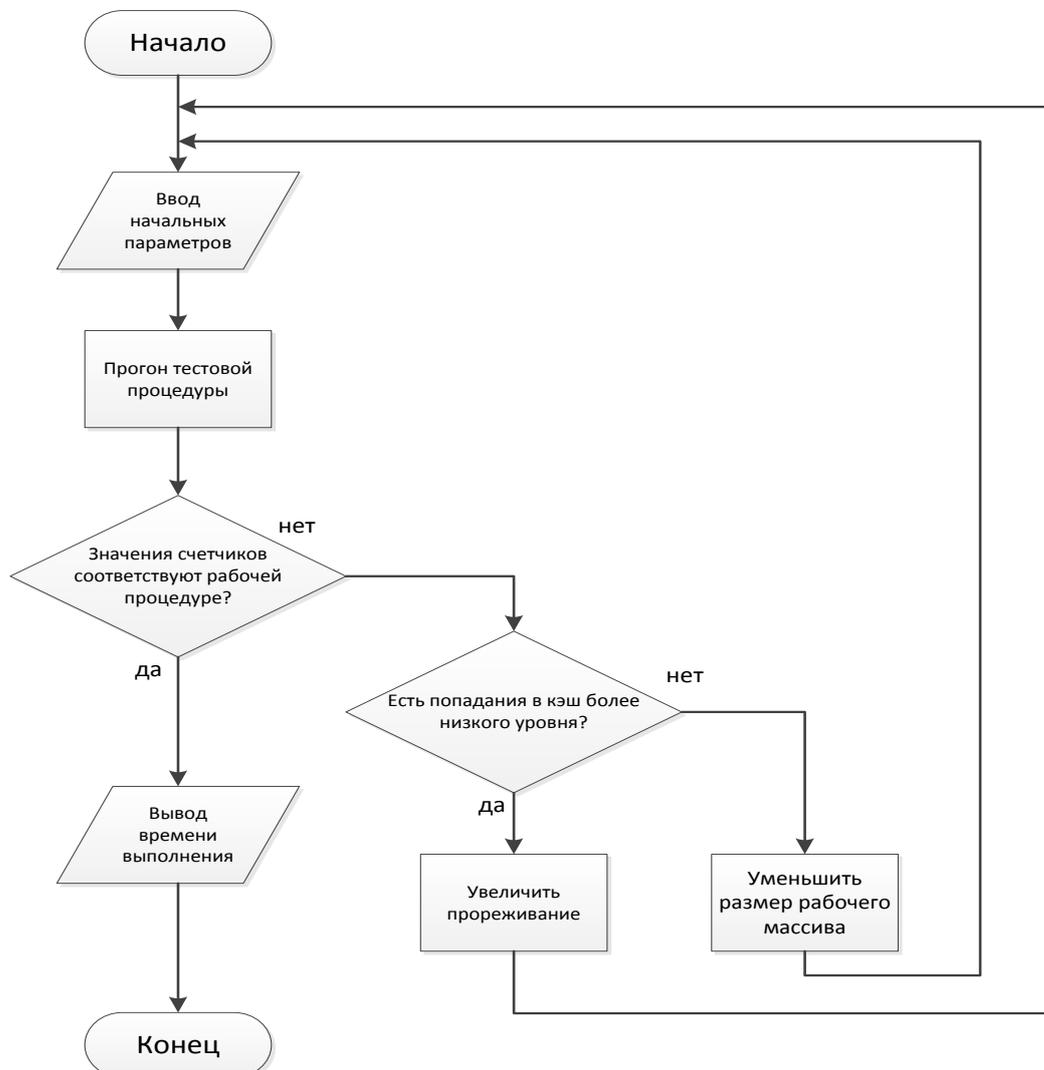


Рис. 1. Обобщенный алгоритм измерений, используемый в рамках метода

С помощью встроенных средств мониторинга производительности делается проверка соответствия реального поведения подсистемы памяти ожидаемому, специфицированному в рамках принятой модели подсистемы памяти. В частности:

- 1 работа тестовой процедуры сопровождается подсчетом обращений к компонентам подсистемы памяти с помощью встроенных средств мониторинга. Запуск и остановка счетчиков жестко синхронизируется с основной рабочей процедурой;
- 2 варьирование параметров производится до тех пор, пока не будут достигнуты целевые значения. В качестве начальных параметров брался размер рабочего массива в $\frac{1}{2}$ от исследуемого компонента кэш-памяти и шаг в 4 Б для кэш-памяти 1-го уровня и 16 4-байтных значений для кэш-памяти последующих уровней (поскольку размер строки кэша составляет 64 Б). Варьирование производится согласно следующим правилам:

- если в результате опыта оказалось, что попаданий в кэш нужного уровня меньше ожидаемых за счет попаданий в кэш более низкого уровня, это означает, что сработала загрузка данных в кэш более низкого уровня, и следует увеличить степень прореживания обращений. В случае если прореживание обращений достигает размера кэша более низкого уровня, это, скорее всего, означает, что аппаратное обеспечение детектировало шаблон обращений к памяти, и следует сделать переменную величину прореживания. Поскольку в опытах автора такой ситуации не возникало, то изменяемое прореживание не применялось;
- если в результате опыта оказалось, что попаданий в кэш нужного уровня меньше ожидаемых за счет попаданий в кэш более высокого уровня, это означает, что часть рабочего массива была выгружена из кэша нужного уровня с целью освобождения места для новых потенциально нужных данных. В этом случае следует уменьшить размер рабочего массива с целью минимизации вероятности выгрузки данных в составе него в кэш более высокого уровня.

Для оценки применимости метода автором был проведен цикл измерений для МП Intel Core i7 4770K (Haswell). Сравнительные результаты полученных значений пропускной способности для L1, L2, L3 и RAM приведены на рис. 2. В табл. 1 приведены усредненные значения пропускной способности. Соответственно, результаты измерения задержки приведены на рис. 3. В табл. 2 приведены усредненные значения задержки.

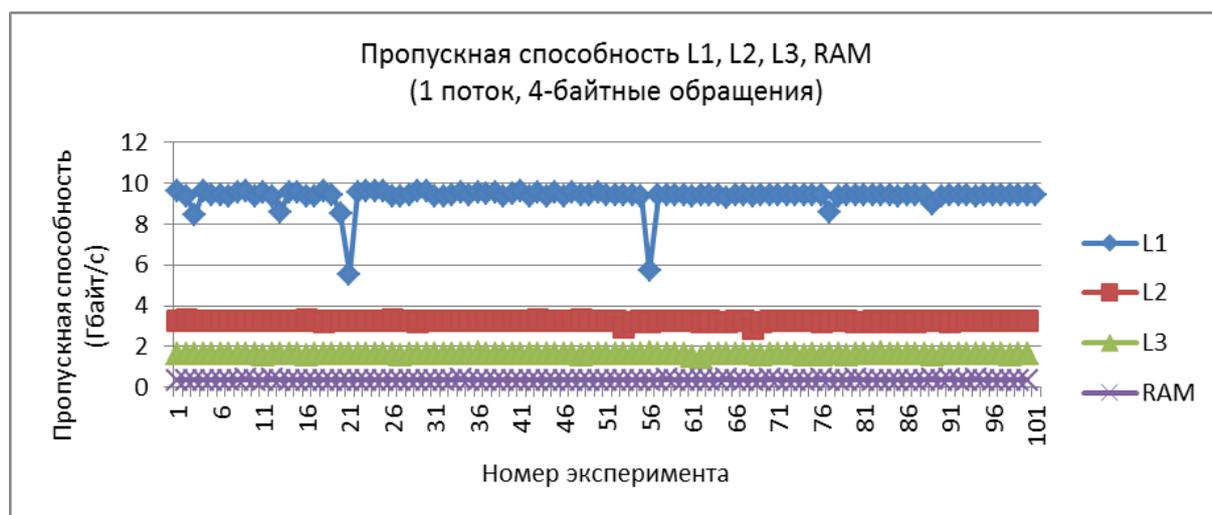


Рис. 2. Результаты измерений пропускной способности кэшей L1, L2, L3 и RAM

Таблица 1. Усредненные значения пропускной способности кэшей L1, L2, L3 и RAM

| | L1 | L2 | L3 | RAM |
|---------------------------------|------|-------|-------|------|
| Эксперимент, ГБ/с | 9,33 | 3,25 | 1,63 | 0,37 |
| Экстрапол. на строку кэша, ГБ/с | – | 52,03 | 26,01 | 5,84 |

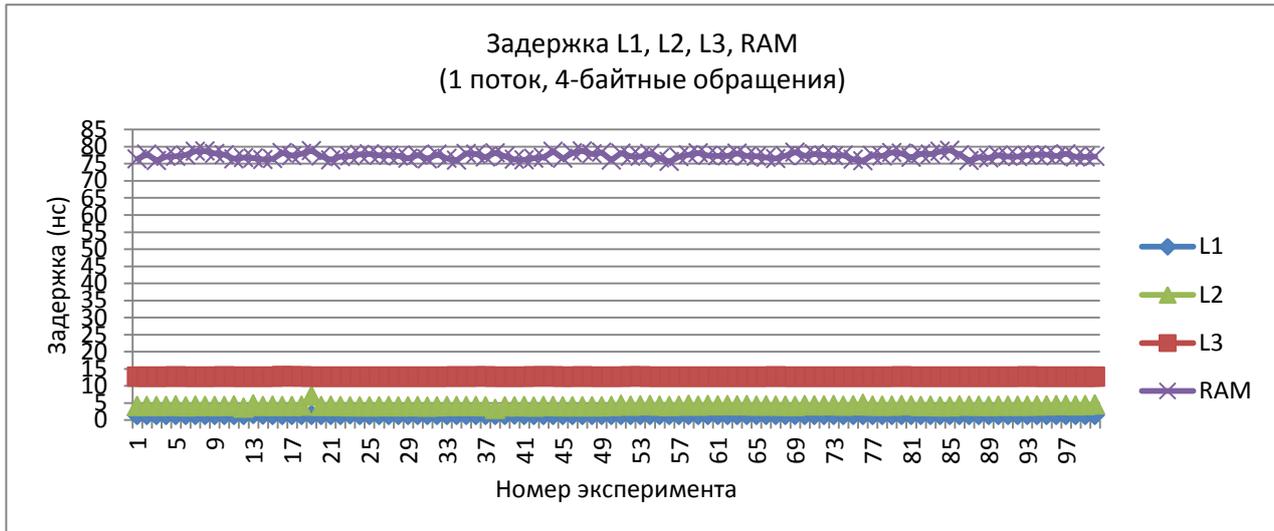


Рис. 3. Результаты измерений задержки кэшей L1, L2, L3 и RAM

Таблица 2. Усредненные значения задержки кэшей L1, L2, L3 и RAM

| | L1 | L2 | L3 | RAM |
|------------------|------|------|-------|-------|
| Задержка кэш, нс | 1,50 | 4,18 | 12,72 | 77,32 |

Для проверки адекватности результатов, они были сверены с характеристиками кэш-памяти из документации производителя. Несмотря на то, что эти данные фрагментарны и обозначают «наилучший случай», значительное отклонение полученных данных от заявленных может косвенно свидетельствовать о неучтенных эффектах при постановке экспериментов.

Поскольку на текущий момент тест является однопоточным, выявление максимального достижимого значения пропускной способности посредством данного теста видится заведомо невозможным. Однако, сопоставление значений измеренных и заявленных показателей задержки вполне возможно. Результаты сравнения представлены в табл. 3 и оцениваются как удовлетворительные. Во-первых, полученные результаты не превышают «наилучшие» заявленные результаты. Кроме того, отклонение составляет не более 25%, что объяснимо накладными расходами на обработку запросов со стороны процессора, а также загруженностью тракта обмена из-за работы механизма предварительной загрузки данных.

Таблица 3. Измеренные значения задержек, соотнесенные с наилучшими результатами, полученными из официальной документации

| | L1 | L2 |
|--------------------------------------|-------|-------|
| Задержка (на базе экспериментов), нс | 1,52 | 4,11 |
| Задержка (на базе документации), нс | 1,14 | 3,14 |
| Различие в задержке, % | 24,65 | 23,49 |

Качество измерений оценивалось с помощью значений коэффициента вариации. В табл. 4 и 5 приведены значения коэффициента вариации для измеренной пропускной способности и задержки соответственно.

Таблица 4. Коэффициент вариации измерений пропускной способности компонентов памяти

| | L1 | L2 | L3 | RAM |
|------|------|------|------|------|
| V, % | 6,06 | 1,66 | 1,83 | 8,17 |

Таблица 5. Коэффициент вариации измерений задержки компонентов памяти

| | L1 | L2 | L3 | RAM |
|------|------|------|------|------|
| V, % | 2,60 | 8,24 | 0,18 | 0,96 |

Полученные значения коэффициента вариации, не превышающие 10%, косвенно подтверждают адекватность измерений и, соответственно, предложенный метод измерений.

Исследование планируется продолжить. В качестве основных направлений можно выделить:

1. анализ результатов в сравнении с альтернативными технологиями;
2. измерение максимально достижимой пропускной способности посредством запуска многопоточного теста;
3. анализ характеристики межпроцессорных коммуникаций;
4. проектирование адаптируемого программного обеспечения.

Литература

1. Yotov K., Pingali K., Stodghill P. Automatic measurement of memory hierarchy parameters // Proc. 2005 ACM SIGMETRICS Int. Conf. Meas. Model. Comput. Syst. – 2005. – P. 181.
2. Maxwell M.T., Cameron K.W. Optimizing Application Performance: A Case Study Using LMBench // ACM Crossroads Student Mag. – 2002. – V. 8. – № 5. – P. 3–3.
3. Molka D., Hackenberg D., Schone R. Main Memory and Cache Performance of Intel Sandy Bridge and AMD Bulldozer Memory size. – 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.researchgate.net/profile/Daniel_Molka, своб.



Апехтин Дмитрий Валерьевич

Год рождения: 1992

Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра оптико-электронных приборов и систем, группа № 6311

Направление подготовки: 200400 – Оптехника

e-mail: apehtin@mail.ru

УДК 681.786

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ФОРМЫ И ДЕФЕКТОВ ЛОПАСТЕЙ ТУРБИН

Д.В. Апехтин

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Горбачёв

Работа выполнена в рамках темы НИР № 610539 «Исследование и разработка опто-электронных систем контроля продукции и методов повышения ее качества».

Газовая турбина – это двигатель непрерывного действия, в лопастном аппарате которого энергия сжатого и нагретого газа преобразуется в механическую работу на валу. Наиболее нагруженными деталями газотурбинных двигателей являются рабочие лопасти газовых турбин, ресурс работы которых определяется многими эксплуатационными факторами, наиболее деструктивным из которых является эрозия.

Иногда эрозионные разрушения бывают настолько значительными, что они могут вывести турбину из строя. Предотвращение аварийных ситуаций требует проведения периодического контроля деталей турбины, в особенности рабочих лопастей. Плановый контроль лопастей осуществляется специализированными приборами, позволяющими оценить их степень износа. Существует множество физических принципов, на которых основана работа используемых систем, к примеру: ультразвуковой, магнитопорошковый, вихретоковой, дискретно-фазовый, рентгеноскопический, фоторегистрации и др. Однако системы, основанные на этих принципах, требуют больших временных затрат на контрольный осмотр вследствие необходимости сборки-разборки корпуса, либо установки редуктора, либо остановки турбины. В работе разработана система, позволяющая проводить быстрый визуальный и измерительный контроль на закрытых турбинах, не требующая вмешательства оператора в процесс измерения.

Цель и задачи. Разработка оптико-электронной системы, позволяющей проводить визуальный и измерительный контроль формы и дефектов поверхностей лопастей турбин требует выполнить следующие задачи:

1. исследовать принципы работы и особенности существующих методов контроля лопастей газотурбин. Осуществить выбор метода;
2. разработать структурную схему системы, методику функционирования;
3. исследовать габаритно-энергетические параметры разрабатываемой системы;
4. разработать макет системы контроля дефектов и формы лопастей турбин с целью проведения экспериментов;
5. исследовать алгоритмы, позволяющие осуществлять контроль формы и дефектов лопастей турбин по выбранной методике;
6. исследовать полученные экспериментальные данные для оценки работоспособности метода и целесообразности его дальнейшей реализации.

Выбор и обоснование элементов структурной схемы. На основе проведенного анализа существующих методов пространственного сканирования, следуя основным критериям поставленной цели: скорость работы, точность, цена – был выбран оптический метод получения пространственных координат на основе триангуляции, позволяющий получать информацию о поверхности объекта, находящегося в поле зрения приемника.

Реализация системы, основанной на выбранном методе, требует использование следующих базовых элементов: приемный модуль, индикаторный модуль (источник структурированного светового излучения), блок обработки и управления, видеоконтрольное устройство и блок питания. В качестве приемного устройства для реализации системы был выбран модуль Ximea MT9P031 (габариты – 15×15×8, разрешение – 2592×1944, размер пикселя – 2,2 мкм), в качестве источника излучения решено использовать лазерный диод ($P=10$ мВт, $\lambda = 640$ нм), а совокупность последних трех блоков может быть представлена персональным компьютером.

Габаритно-энергетический расчет. Для обеспечения минимизации погрешностей, уменьшения трудозатрат и оптимизации всего процесса необходимо использование системы, состоящей из некоторого количества вышеописанных модулей. Габаритный расчет показал необходимость использования $n_{пр}=5$ приемных и $n_{ист}=6$ индикаторных модулей. Вследствие отсутствия подходящей дифракционной решетки, были рассчитаны ее основные

параметры, необходимые для изготовления. Угол расхождения оптического излучения, необходимый для перекрытия поля зрения приемника, и период дифракционной решетки:

$$\Theta = \arctg\left(\frac{L_{\text{лоп}}}{2n_{\text{пр}}\text{EFL}}\right) = 26^{\circ}34', \Lambda = \frac{m\lambda}{\sin\Theta} = 73 \text{ мкм},$$

где EFL – эффективное фокусное расстояние, определенное заданием; m – максимальный порядок максимума дифракционной решетки. По результатам энергетического расчета было получено минимальное требуемое значение освещенности объекта:

$$E_{\text{О.Ф.Т.}} = \frac{H_{\text{О.Ф.}}}{t_{\text{э}}} = \frac{56,4 \cdot 10^{-5}}{4,3 \cdot 10^{-6}} = 131,1 \text{ лк}.$$

Описание макета системы. Выбранный метод получения пространственных координат определяет необходимость детекции положения структурированной световой засветки на экспериментальном изображении. Далее, для каждой найденной точки пространственные координаты определяются как:

$$Z_k = \frac{Z_0}{1 + \frac{Z_0}{f'b}d}, X_k = \frac{Z_k X_m}{f'} k_x, Y_k = \frac{Z_k Y_m}{f'} k_y,$$

где Z_0 – калибровочная дальность; f' – фокусное расстояние объектива приемного модуля; b – базовое расстояние системы; d – смещение определенной точки относительно калибровочного положения; X_m, Y_m – физические размеры половины матрицы по ширине и высоте; k_x, k_y – размер пикселя.

Для проверки работоспособности выбранного метода контроля был разработан макет системы (рис. 1, а), где в качестве приемного модуля 1 использован приемник EVS-545, источник структурированного светового излучения 2, представлен лазерным диодом и дифракционной решеткой, закрепленными в разработанной оправе. В качестве объекта использовался металлический объект (рис. 1, б), схожий по форме с лопастями, используемыми в турбинах. Пример получаемого макетом изображения представлен на рис. 1, в.

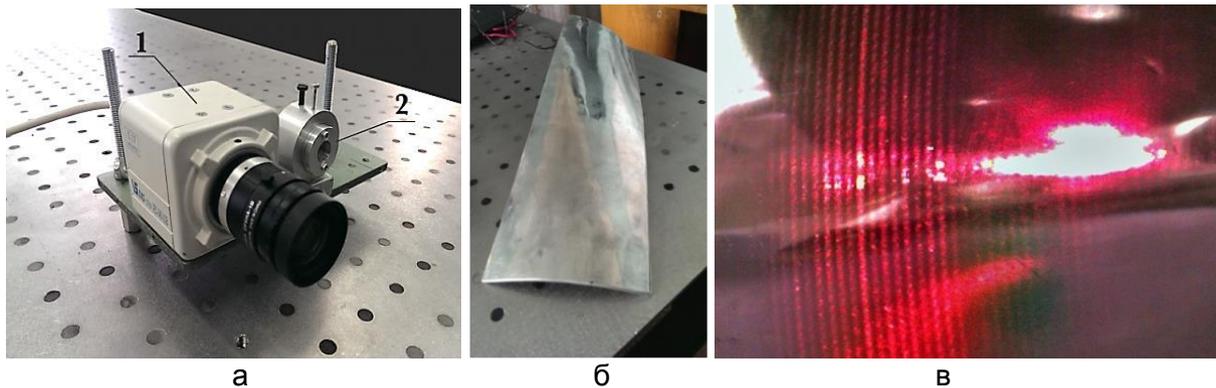


Рис. 1. Изображение макета системы (а); металлический экспериментальный объект (б); пример изображения, получаемого макетом системы (в)

Экспериментальные исследования. Для детерминации положения световых линий, в результате экспериментов, были выделены следующие необходимые шаги:

1. первичная фильтрация изображения, которая представляет собой применение типовых сглаживающих фильтров к изображению. Рассмотрены усредняющая, медианная, билатеральная и гауссова фильтрации. Наиболее эффективным по результатам экспериментов для данной задачи подходит усредняющий фильтр:

$$K = \frac{1}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{mn}} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix};$$

2. вторичная фильтрация, использующая частотные преобразования изображения, необходимая для корректного определения положения структурированной световой картины в областях с высокоэнергетической фоновой засветкой и малым контрастом. По результатам экспериментов с различными фильтрами оптимальным алгоритмом частотной фильтрации было определено последовательное использование фильтров дифференциатора

$$H(e^{j\omega}) = jk\omega e^{-j\frac{\omega R}{2}} = k\omega e^{-j(\frac{\pi}{2} - \frac{\omega R}{2})} = A(\omega) e^{j\varphi(\omega)}$$

и Баттерворта

$$H_n(s) = \frac{1}{\varepsilon_p (s + \alpha)^r \prod_{n=1}^L (s^2 + 2\alpha \sin(\theta_n) s + \alpha^2)};$$

3. обнаружение положения объектов на обработанном изображении, использующее адаптивный алгоритм поиска пиков в сигнале. Для обнаружения пиков был использован алгоритм, разработанный Elli Billauer. Принцип алгоритма можно описать как поиск нулей в производной дискретного сигнала, полученной методом односторонней разности по формуле

$$f' = \frac{f_{i+1} - f_i}{x_{i+1} - x_i}.$$

Нули полученной производной представляют собой точки экстремума и являются как минимумами, так и максимумами. Относительно найденных экстремумов рассматриваются соседние точки производной дискретной функции, если их значения меньше, чем X , то данный пик не рассматривается. В общем случае функцию поиска пиков можно записать следующим образом

$$\text{peak}_i = \begin{cases} \text{max: } f'_i = 0; f'_{i-1}, f'_{i+1} \geq X; f'_{i-1} > f'_{i+1} \\ \text{min: } f'_i = 0; f'_{i-1}, f'_{i+1} \geq X; f'_{i-1} < f'_{i+1} \\ \text{none: } f'_i = 0; f'_{i-1}, f'_{i+1} < X. \end{cases}$$

Алгоритм был модернизирован для более корректного обнаружения положения световой картины путем корректировки базовой полосы максимумов;

4. расчет энергетических центров объектов в локальной области обнаруженных амплитудных пиков на изображении производится для уточнения ее положения в локальной области как

$$X_{i,j} = \frac{\sum_{i=n}^n \sum_{j=d-\Delta d}^{d+\Delta d} L_{i,j} x_i}{\sum_{i=n}^n \sum_{j=d-\Delta d}^{d+\Delta d} L_{i,j}}; Y_{i,j} = n.$$

Для возможности динамического изменения выбранных параметров фильтров и обеспечения наблюдения за результатом, было разработано программное обеспечение (ПО) в среде Python;

5. калибровка. Полученные в ходе эксперимента пространственные модели показали, что погрешность определения пространственных координат достаточно высока и видна невооруженным взглядом. Вследствие этого было необходимо провести калибровку макета. Первым этапом была выбрана калибровка приемного устройства. Параметрами, заметно влияющими на работу алгоритма, являются радиальная и тангенциальная дисторсии объектива и его фокусное расстояние. Для определения коэффициентов был реализован метод калибровки с помощью «шахматной доски». В результате первого этапа калибровки рассчитываются:

коэффициенты дисторсии = $(k_1 k_2 p_1 p_2 k_3)$; матрица камеры =
$$\begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

На втором этапе калибровки уточнялись геометрические параметры макета: базовое расстояние и расстояние до калибровочного изображения;

б. по результатам экспериментов с помощью ПО (рис. 2, а) были получены пространственные модели частей поверхности экспериментального объекта, которые соединялись в одну модель (рис. 2, б).

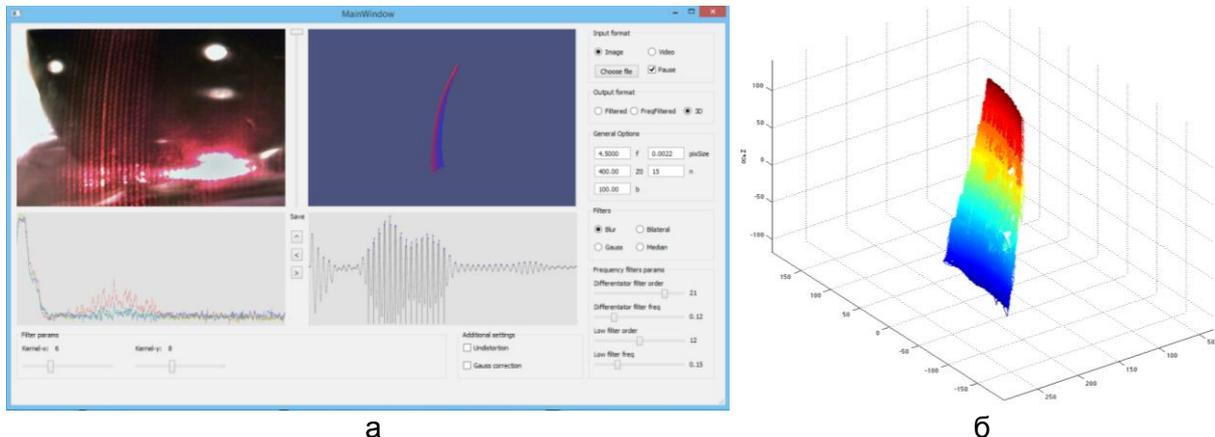


Рис. 2. Разработанное ПО (а); пространственная модель поверхности экспериментального объекта (б)

Оценка погрешности измерений. Значение теоритической погрешности для макета составило 0,71 мм. Экспериментальная погрешность оценивалась двумя методами: методом сравнения с измерениями прецизионного датчика (для экспериментов был выбран лазерный трекер Radian Laser Tracker, точность измерений которого составляет порядка 0,01 мм), методом эллиптического преобразования (в качестве объекта использовались концевые меры) – и составила соответственно 0,12 и 0,14 мм.

Выводы. Все поставленные задачи выполнены. В качестве направлений дальнейшего развития работы могут быть обозначены: улучшение алгоритма обнаружения положения световой структурированной картины, усовершенствование узлов разрабатываемой системы, реализация многоэлементного варианта системы.

Литература

1. Хаимов В.А. Малорасходные режимы ЦНД турбины Т-250/300-240. Учебник. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 240 с.
2. Якушенков Ю.Г. Проектирование оптико-электронных приборов. Учебник. – М.: Логос, 2000. – 488 с.
3. Гонсалес Р.С., Вудс Р. Цифровая обработка изображений / Под ред. П.А. Чочиа. – М.: Техносфера, 2005 – 1072 с.
4. Пат. 1460359 Российская Федерация, МПК А 1 SU G 01 L 19/00. Устройство для ввода эндоскопа в проточную часть турбины / Дубов М.Е.; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербург, Производственное объединение «Ленинградский металлический завод»). – № 4264878/24-06.

**Арефьев Роман Анатольевич**

Год рождения: 1981

Факультет инфокоммуникационных технологий,
кафедра программных систем, группа № 6957Направление подготовки: 210700 – Программное обеспечение
в инфокоммуникациях

e-mail: roman.arefev@lut.fi

УДК 004.424**МОДЕЛЬ SOA ФРЕЙМВЕРКА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ
В МУЛЬТИПЛАТФОРМЕННОЙ РАЗРАБОТКЕ****Р.А. Арефьев****Научный руководитель – к.т.н., доцент Т.В. Зудилова**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 914699 «Обеспечение информационной защиты данных в корпоративном учебном облаке».

В настоящее время все большую актуальность приобретают задачи анализа и дизайна, имплементации и валидации приложений, которые могут быть запущены на различных устройствах под управлением различных операционных систем (такими устройствами могут быть планшеты, смартфоны, ноутбуки и т.д.). Для этого требуется обеспечить работу с различными платформами по разработке программного обеспечения (ПО). При этом в качестве параметров необходимо принимать во внимание следующие: операционную систему (OS), например, Android, Apple OS, Blackberry и др., интерфейс пользователя (UI), настольные или портативные устройства, язык программирования (PL), например, Java, Object-C и др.

Рассмотрим множество возможных вариантов реализации ПО под описанные выше параметры. Это множество вариантов может быть представлено формулой:

$$\text{Мультиплатформенность} = \text{OS} \cdot \text{UI} \cdot \text{PL}.$$

В представляемом исследовании рассматривается вопрос: как унифицировать разработку различных вариантов интерфейсов пользователя для устройств на разных OS?

Решаемые задачи:

1. провести анализ существующих подходов к разработке мультиплатформенных интерфейсов пользователя;
2. определить возможное применение сервис-ориентированной архитектуры (SOA) для разработки мультиплатформенного интерфейса пользователя;
3. применить SOA-подход в практической разработке приложения, способного работать на различных устройствах.

Методология исследования. На основе выполненного анализа выбран подход к исследованию – прототипирование. Основываясь на подходах J.F. Nunamaker [1] эта методология включает разработку и дизайн прототипа. В работе описаны четыре стадии итеративного подхода к разработке прототипа информационной системы:

1. рассмотрение всего домена темы исследования. Данная стадия помогает исследователю обобщить данные предыдущих изысканий в этой области;
2. эксперимент или практическое исследование;
3. разработка информационной системы;

4. построение теории – построение нового концептуального фреймверка, новых методов и моделей.

Рассмотрены следующие подходы к разработке мультиплатформенных интерфейсов пользователя:

1. Responsive web design (RWD);
2. Progressive enhancement based on browser-, device-, or feature-detection;
3. с помощью языка разметки пользовательского интерфейса (UIML);
4. SOA для пользовательских интерфейсов (SOA UI).

Каждый из описанных выше подходов имеет преимущества и недостатки. RWD-подход имеет преимущества с точки зрения объема кода для реализации, но он зависит от браузера и требует большого объема дополнительного кода для описания всех типов устройств. Аналогично можно сказать для подхода progressive enhancement, он также требует дополнительный JavaScript код. Преимущество данного подхода заключается в практически полном контроле над определением OS и настроек браузера. Язык разметки пользовательского интерфейса воплощает подход с использованием middleware и поэтому подходит не для всех типов устройств. SOA применительно к интерфейсам пользователя объединяет сильные стороны подхода с помощью языка разметки с принципами слабой связанности, автономности и возможности компоновки модулей.

В результате анализа работ исследователей Ahmed Seffah, 2004 [2], Wei-Tek Tsai, 2008 [3] и Senthil Mani, 2008 [4] были выделены следующие спецификации UI:

1. поток сбора данных;
2. поток представления данных;
3. поток мониторинга;
4. поток управления и команд.

На основе приведенных спецификаций предложен основанный на сервисной архитектуре фреймверк (рисунок) для разработки интерфейсов пользователя. Практическая часть работы состоит в построении модели кейс стадии распределенной системы по улучшенным принципам моделирования SOA [5], предложенной компанией IBM. Данная система информирует пользователей о возрасте шин на их автомобилях, а также уведомляет о времени их сезонной смены или неблагоприятном прогнозе погоды.

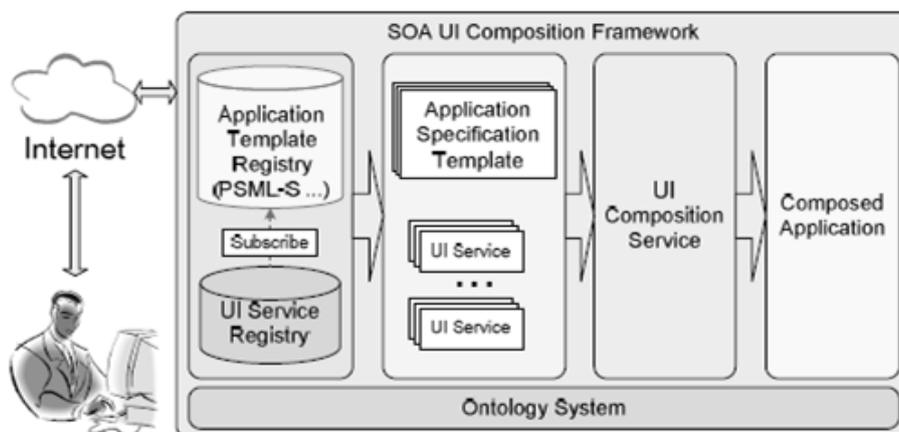


Рисунок. Фреймверк, основанный на принципах SOA

При моделировании распределенной системы использовались следующие паттерны проектирования декомпозиции, распределения по уровням и брокера аутентификации.

Имплементация предложенной модели осуществлялась с применением таких технологий как Node.js, языков программирования Java, фреймверка Spring, и middleware Mule ESB. Связь между сервисами происходит посредством SOAP, REST, SMTP.

Данная работа – это вклад в стандартизацию процесса разработки ПО и нормализацию моделирования интерфейса пользователя. Обзор литературы и кейс-стадии, являющийся частью данной работы, показал применимость SOA в мультиплатформенной разработке. Фреймверк, разработанный в соответствии с принципами SOA, а также графический язык моделирования для представления однотипных сервисов в распределенной системе. Эта работа является ответом на очень сложный вопрос с точки зрения как академического, так и практического исследования – как разработать приложение, которое будет работать на разных типах устройств, например, на мобильных телефонах, планшетах и настольных компьютерах.

Возможное расширение этой работы является разработка фреймверка в соответствии с принципами архитектуры, управляемой моделью, которая поможет создать фреймверк для мультиплатформенной разработки более легко с помощью моделей пользовательского интерфейса и их трансформации в конкретном интерфейсе. Архитектура, управляемая моделью [6], вызывает интерес благодаря способности трансформировать одну независимую от платформы базовую модель в несколько моделей для конкретной платформы, по одной для каждой платформы или технологии, где будет эксплуатироваться приложения, и автоматической генерации кода, реализующего приложения для этих платформ.

Исследования, связанные с теоретической частью SOA применительно к пользовательским интерфейсам, появились 10 лет назад, а практические подходы к этим моделям стали появляться не больше, чем 2–4 лет назад. Таким образом, распределенные системы на основе сервисов применительно к интерфейсам пользователя являются новым подходом. Представленная работа открывает направление для моделирования пользовательского интерфейса и взаимодействия с пользователем в рамках комплексного развития приложений. Следующие исследования могут привести к автоматическому преобразованию моделей пользовательского интерфейса в конкретный код.

Литература

1. Nunamaker F., Chen M., Titus D.M.P. System Development in Information Systems Research // Twenty-Third Annual Hawaii International Conference of System Science. – 1990. – С. 89–106.
2. Seffah A., Javahery H. Multiple user interfaces: cross-platform applications and context-aware interfaces. – John Wiley & Sons Ltd, 2004. – P. 4–6.
3. Tsai W.-T., Huang Q., Elston J., Chen Y. Service-Oriented User Interface Modeling and Composition // IEEE International Conference on e-Business Engineering. – 2008. – P. 21–28.
4. Mani S., Sinha V.S., Sukaviriya N., Ramachandra Th. Using User Interface Design to enhance Service Identification // IEEE International Conference on Web Services. – 2008. – P. 78–87.
5. Arsanjani A. Советы по программированию Web-сервисов: Сервис-ориентированное моделирование и архитектура [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/ws-soa-design1/index.html> своб.
6. Kim H.-K., Kim T.-H. 2014 SOA Modeling Based on MDA, Distributed Computing and Artificial Intelligence // 11th International Conference Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2014. – V. 29. – P. 181–194.



Белова Ксения Юрьевна

Год рождения: 1992

Институт международного бизнеса и права, кафедра таможенного дела и логистики, группа № 6453

Направление подготовки: 080100 – Экономика

e-mail: ksen.belowa2013@yandex.ru

УДК 339.194; 687

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СНИЖЕНИЮ КОНТРАФАКТНОЙ ПРОДУКЦИИ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА РЫНКАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

К.Ю. Белова

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Виноградова

Актуальность исследования связана с наличием на рынке контрафактных товаров, наносящих ущерб экономике, что подтверждается данными научной печати и средств массовой информации.

Обзор информационных источников показал, что тема оборота контрафактной продукции рассматривается рядом авторов, как в России, так и за рубежом, однако работ, подробно рассматривающих тему борьбы с контрафактной продукцией легкой промышленности, не установлено. В этой связи, проводимые исследования являются новыми.

Целью исследования стала разработка предложений по снижению контрафакции изделий легкой промышленности на российском рынке.

Объектом исследования был рынок товаров легкой промышленности. Предметом исследования являлся оборот контрафактной продукции легкой промышленности.

Для достижения цели, были поставлены следующие задачи:

- рассмотреть законодательную базу регулиующую вопросы защиты и ответственности за оборот контрафактной продукции;
- провести анализ состояния российской легкой промышленности;
- проанализировать статистические данные о внешней торговле товарами данной отрасли и выявить объемы незаконного оборота товарами легкой промышленности;
- провести социологический опрос для выяснения отношения российских потребителей к обороту контрафактной продукции на российском рынке;
- разработать предложения, направленные на снижение объема контрафактных изделий легкой промышленности в Российской Федерации.

Легкая промышленность – это значимый сектор рынка, состоящий из совокупности специализированных отраслей промышленности, производящий предметы массового потребления из разнообразных видов сырья. Ее продукция занимает 25% объема розничного рынка Российской Федерации. Предприятия производят обширный ассортимент товаров как потребительского, так и технического и специального назначения (например, для авиации, аграрного сектора, силовых ведомств, здравоохранения) [1].

На основе данных ООО «Рослегпром» о производстве легкой промышленности 2013 и 2014 года, можно сказать, что производство легкой промышленности в 2014 году находилось в большей степени на спаде [2].

Увеличение выпуска можно было наблюдать только в производстве одежды из тканей, теплых курток, костюмов, брюк, платьев и блузок.

Наибольшее увеличение выпуска было в производстве женских блузок и теплых курток.

Наибольший спад в выпуске произошел в производстве женских и девичьих ветровок (рисунк).

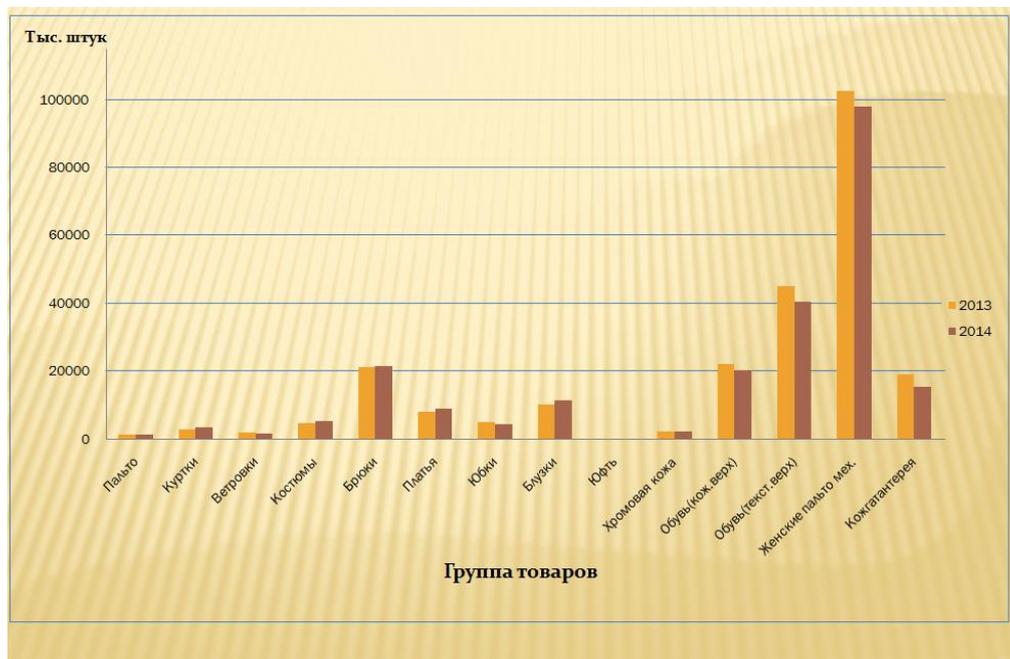


Рисунок. Производство легкой промышленности в 2014 году

В табл. 1 приведены сводные данные об экспорте и импорте изделий легкой промышленности в России (на основе анализа данных ООО «Рослегпром»).

Как видно из табл. 1 одна из очевидных проблем в нашей стране – высокая доля импортных изделий.

Таблица 1. Внешняя торговля Российской Федерации продуктами легкой промышленности, млн. долл. США

| Группа товаров | Импорт | | Экспорт | |
|----------------------|--------|--------|---------|-------|
| | 2013 | 2014 | 2013 | 2014 |
| Одежда из тканей | 8191,0 | 6247,0 | 164,8 | 139,7 |
| Кожа и полуфабрикаты | 211,95 | 230,05 | 43,67 | 33,0 |
| Обувь | 2654,1 | 2281,6 | 84,2 | 122,4 |

Контрафакту в нашей стране благоприятствует: высокая доля импорта, а так же увеличение курса иностранной валюты (рост цен на импортные изделия).

Контрафакт – это новый продукт, созданный на основе существующего оригинала с нарушением интеллектуальных прав.

Законы, которые приняты в нашей стране в области защиты интеллектуальных прав, предполагают наличие наказаний прямого действия – непосредственно законы Российской Федерации, а так же различные положения, в которых указана мера ответственности – кодексы Российской Федерации. К основным законам в области интеллектуальных прав в нашей стране можно отнести следующие:

- Указ Президента Российской Федерации от 23.01.2015 года «О дополнительных мерах по противодействию незаконному обороту промышленной продукции»;

- Таможенный кодекс Таможенного Союза (глава 46);
- Гражданский кодекс Российской Федерации (ст. 1484, 1515, 1537, 1229, 1252, 1301);
- Уголовный кодекс Российской Федерации – здесь контрафакт можно отнести как вид мошенничества (ст. 146, 171, 180, 194, 201, 285);
- кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях (ст. 32.4, глава 7, 14);
- Закон Российской Федерации «О защите прав потребителей» (ст. 10, 14, 15, 17);
- Соглашение по торговым аспектам прав интеллектуальной собственности (ст. 51).

На основе «зеркальной» статистики легкой промышленности (табл. 2) за 2013 и 2014 год выявился теневой импорт. В швейной промышленности за первое полугодие 2013 года он составил 54,8% розничной продажи – в 3,7 раза превышает собственное производство, а в обувной промышленности за первое полугодие 2014 года 50,1% розничной продажи – в 3,4 раза превышает собственное производство (выше показателя 2013 года).

Таблица 2. «Зеркальная» статистика легкой промышленности

| Промышленность | Производство (за вычетом экспорта) | | Легальный импорт | | Теневой импорт | | Розничная продажа (за вычетом торговой наценки) | |
|-----------------------------|---------------------------------------|-------------|------------------|-------------|----------------|-------------|--|-------------|
| | п/г 2013 | п/г 2014 | п/г 2013 | п/г 2014 | п/г 2013 | п/г 2014 | п/г 2013 | п/г 2014 |
| Швейная, млн. руб. | 103 | – | 213 | – | 384 | – | 700 | – |
| Доля в розничной продаже, % | 14,7 | – | 30,4 | – | 54,8 | – | 100 | – |
| Обувная, млн. пар | 28,8 | 28,7 | 83,4 | 70,0 | 81,8 | 99,3 | 194 | 198 |
| Доля в розничной продаже, % | 14,8 | 14,5 | 43,0 | 35,4 | 42,2 | 50,1 | 100 | 100 |

Примечание «–» данные отсутствуют.

За последние несколько лет почти каждый сотрудник таможни нашей страны выявляет до 10 раз в месяц товары легкой промышленности с признаками контрафакции.

К сложностям борьбы с контрафактом можно отнести:

- несовершенство законодательной базы;
- нехватка людей для оперативно-розыскной деятельности (например: по выявлению подпольных производств).

Так как «спрос определяет предложение», то значительную роль составляет отношение потребителя к контрафактным изделиям. Для этого был проведен опрос потребителей легкой промышленности об их отношении к контрафактной продукции легкой промышленности. В социологическом опросе приняло около 300 человек в возрасте от 18 лет. Опрос проводился в форме личной беседы, а так же через сеть Интернет с использованием Google-формы.

Опросный лист содержал 17 вопросов, в том числе, вопросы о доходах, возрасте и социальном статусе респондентов, предпочтительных формах приобретения ими изделий легкой промышленности, отношении к обороту контрафактных товаров.

Результаты социологического опроса показали, что потребители негативно относятся к обороту контрафактной продукции легкой промышленности. Им важна защита их интересов, поэтому в вопросы исключения из оборота контрафактных товаров на российском рынке должно вмешиваться государство.

Объем контрафактных изделий на российском рынке неразрывно связан с состоянием в легкой промышленности. Основными мерами по улучшению отрасли являются: инвестирование и субсидирование предприятий, развитие сырьевой базы, обновление производственного оборудования, выпуск изделий с дальнейшим их экспортированием.

Непосредственные предложения по снижению контрафакта в стране:

1. использование технологии RFID, которая обеспечит возможность автоматической прослеживаемости товаров на всем пути от производителя до потребителя. Основное ее достоинство – невозможно подделать;
2. заменить линейные штрих-коды на двумерные штрих-коды, например Data Matrix, так как их сложнее подделать;
3. вшивать на производстве в изделие особую прочную нить с микротекстом, которая бы содержала информацию об изделии;
4. на таможне внедрить терагерцовую спектроскопию (перенять опыт Великобритании) – такая технология может четко различать ткани, которые схожи по внешнему виду, но имеют разный состав (например, натуральный и искусственный шелк), однако для этого необходимо также оперативное взаимодействие с производителями оригиналов по защищенным каналам связи, так как потребуются образцы сравнения [3, 4];
5. проводить разъяснения для российских граждан по поводу законодательства об охране и защите интеллектуальной собственности;
6. проводить обмен с торгующими странами данными, содержащими в себе информацию о выявленных контрафактных изделиях легкой промышленности, описание этих изделий, виды транспортных средств на которых прибывает контрафактный товар в страну, название объектов интеллектуальной собственности на которых посягнули контрафакторы (т.е. создание единой базы контрафактной продукции для повышения эффективности борьбы с оборотом контрафакта во всем мире) [5];
7. развивать российские бренды, продвигая на мировой рынок, патентовать их.

Литература

1. Справочник легкой промышленности / Словарь / Легкая промышленность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://legport.ru/glossary/19868/>, своб.
2. ОАО «Рослегпром» / Итоги работы отрасли / Итоги работы легкой промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.roslegprom.ru/Go/AllArticles/feed=itog_otr, своб.
3. Naftaly M., Molloy J.F., Lanski G.V., Kokh K.A. and Andreev Yu.M. Terahertz time-domain spectroscopy for textile identification // Applied Optics. – 2013. – V. 52. – № 19. – P. 4433–4437.
4. Molloy J. & Naftaly M. Wool textile identification by terahertz spectroscopy // The Journal of The Textile Institute. – 2014. – V. 105. – № 8. – P. 794–798.
5. Сударников С.Я. Право интеллектуальной собственности. – М.: Проспект, 2010. – 300 с.



Белоусов Кирилл Ильич

Год рождения: 1992

Факультет фотоники и оптоинформатики,
кафедра нанотехнологий и материаловедения, группа № 6675

Направление подготовки: 200100 – Приборостроение

e-mail: belousov_k.i@mail.ru

УДК 57.086+517.9+577.213.3

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАССОПЕРЕНОСА
В ЭЛЕМЕНТАХ МИКРОФЛЮИДНЫХ АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ
ПРИ ДЕЙСТВИИ РАЗЛИЧНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ**

К.И. Белоусов (Университет ИТМО)

Научный руководитель – д.ф.-м.н., ст.н.с. А.Л. Буляница

(Институт аналитического приборостроения РАН)

Работа выполнена в рамках темы НИР № 610488 «Разработка и исследование новых наноструктурированных материалов методами электронной и атомно-силовой микроскопии, рентгеновской и оптической спектроскопии».

Концепция «микроаналитических систем» была предложена А. Манцем в 1989 году. Суть ее сводилась к интеграции всех стадий анализа на одном микрофлюидном чипе площадью несколько квадратных сантиметров с разветвленной системой каналов микронных размеров, в которых должна осуществляться предварительная подготовка пробы, требуемые манипуляции с ней, разделение ее компонентов и последующее их детектирование. Создание микрофлюидных аналитических систем во многом обусловлено необходимостью получения результатов анализа на месте отбора проб в реальном масштабе времени для принятия оперативных решений. Кроме того, такие приборы имеют преимущества в обычных лабораториях за счет меньшего веса, габаритов, расхода электроэнергии и реактивов, высокой чувствительности анализа по сравнению с их традиционными аналогами. Одними из самых востребованных типов анализа на микрофлюидной платформе являются методы полимеразной цепной реакции (ПЦР) и исследования отдельных клеток.

Повысить чувствительность определения исходного количества ДНК в пробе по сравнению с классическими методами ПЦР позволяет метод молекулярных колоний (ММК), дающий возможность регистрировать единичные молекулы ДНК [1]. Однако при большой начальной концентрации ДНК колонии, образующиеся в ходе реакции, будут перекрываться, что приводит к ошибкам счета. Поэтому актуальным представляется определить размеры колоний в зависимости от расстояния между «посеянными» молекулами ДНК, коэффициента диффузии ДНК, эффективности полимеразной реакции и в соответствии с этим оценить верхнюю границу определяемого диапазона концентраций, в котором обеспечивается точное количественное оценивание ДНК. Кроме того важным представляется изучение отклонения распределения концентрации ДНК внутри колонии от гауссова распределения, так как большинство алгоритмов распознавания образов, принятия статистических решений ориентированы именно на нормальный закон распределения аналитического сигнала.

Анализ клеток является неотъемлемой частью научных исследований и клинической диагностики. Однако в ряде традиционных методов тысячи клеток

выращиваются без учета того, что взаимодействие между ними может влиять на результаты исследования, а отдельные клетки даже одного происхождения отличаются друг от друга по ряду параметров. Изучение популяций клеток на уровне отдельных клеток открывает новые возможности для персонализированной диагностики, создания эффективных лекарств и высокочувствительных биосенсоров.

Большое внимание уделяется фиксации единичных клеток в пространстве с помощью гидродинамических ловушек, так как они не оказывают значительного влияния на клеточные процессы и не приводят к повреждению клеток [2]. При этом форма ловушек, их расположение должно одновременно обеспечивать эффективный захват клеток и предотвращать засорение устройства.

Целью работы являлось выявление условий, позволяющих улучшить аналитические характеристики ММК, и определение возможностей эффективного захвата клеток гидродинамическими ловушками различной формы в реакционной камере микрофлюидного чипа. Эта цель достигалась с помощью численного моделирования, а решение уравнений, описывающих физические процессы, проводилось методом конечных элементов в пакете программ COMSOL Multiphysics. Освоение техники моделирования процессов массопереноса пробы при ПЦР, носящего диффузионный характер, и конвективного движения клеток, позволяет охватить широкий круг задач, рассматриваемых в микрофлюидике.

При моделировании динамики образования колоний ДНК использовались следующие дифференциальные уравнения:

$$\begin{cases} \frac{\partial P}{\partial t} = -k_1 AP + D_P \Delta P \\ \frac{\partial A}{\partial t} = k_1 AP - k_2 A^2 + D_A \Delta A, \end{cases}$$

где A – концентрация амплифицируемого фрагмента ДНК, моль/м³; P – концентрация праймеров, моль/м³; k_1 – константа скорости основной реакции, характеризующая процесс присоединения праймеров, 1/(моль·с); k_2 – константа скорости, характеризующая ингибирующие составляющие, влияющие на реакцию, 1/(моль·с); D_P и D_A – коэффициенты диффузии праймеров и амплифицируемого фрагмента ДНК, м²/с.

В процесс расчета траектории движения клеток в каналах микрофлюидного чипа скоростной профиль жидкости описывался с помощью системы уравнений Навье–Стокса и неразрывности. Сила, действующая на клетку со стороны жидкости, находилась путем интегрирования по ее границе множителей Лагранжа, полученных из ограничений на этой границе и имеющих в данном случае размерность силы на единицу площади. При этом расчет смещения частицы, основанный на втором законе Ньютона, проводился с использованием решателя обыкновенных дифференциальных уравнений.

В процессе моделирования установлено, что величина радиуса колоний ДНК пропорциональна $\sqrt[2.5]{D_A}$. Отличие полученного показателя степени от значения 0,5, соответствующего случаю диффузии в отсутствие химической реакции свидетельствует о влиянии неучтенных физических или химических механизмов. Зависимость размера колонии от диаметра пор геля существенно более сильная. Так с увеличением размера пор в 10 раз (с 3 до 30 нм) размер колонии увеличивается в 6 раз (с 35,5 мкм до 222 мкм). Этот результат подтверждает возможность регулирования размеров колонии с помощью изменения характеристик геля.

Профиль концентрации амплифицируемых фрагментов ДНК в колонии обладает более плоской вершиной по сравнению с нормальным законом распределения (коэффициент эксцесса принимает значения от –1,03 до –0,68 при нулевом значении

для нормального закона). Это следует учитывать при обработке изображений, поскольку многие алгоритмы ориентированы на анализ именно гауссового профиля (рис. 1).

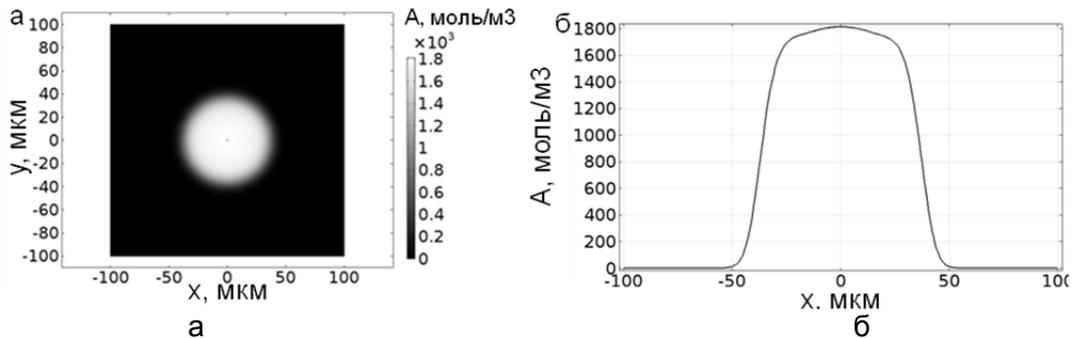


Рис. 1. Результаты моделирования динамики образования колоний ДНК при соотношении $k_2/k_1=5$ и $D_A=1,5 \cdot 10^{-14}$ м²/с (соответствует длине ДНК 200 пар оснований) через 40 циклов: двумерный профиль (а); его сечение (б)

Было определено, что при использовании ММК для обнаружения ДНК достаточно 30–32 циклов амплификации, что позволяет сократить время анализа примерно на 20%. В этом случае достигается максимальная величина сигнала флуоресценции, определяемая максимальной концентрацией A_{\max} в колонии. При этом величина радиуса колонии, составляющая порядка половины от радиуса, получаемого на 40-ой цикл, позволяет произвести ее идентификацию.

Полученная оценка величины радиуса колонии на 40-ой цикл амплификации в случае двумерной диффузионной модели для $D_A=1,5 \cdot 10^{-14}$ и $D_P=8 \cdot 10^{-10}$ м²/с, $k_2/k_1=5$ соответствует 30 мкм, а с учетом наложения температурной циклограммы – 50 мкм. В трехмерной диффузионной модели величина радиуса составила 20 мкм. Различие полученных радиусов можно объяснить ростом коэффициента диффузии с увеличением температуры и диффузией молекул ДНК вглубь геля в трехмерной модели.

Для данных радиусов рассчитано число надежно детектируемых колоний в лунке диаметром 12 мм в зависимости от критерия разрешения и доверительной вероятности. Так при критерии разрешения 0,5 (т.е. при возможном перекрытии колоний на величину их радиуса) и доверительной вероятности 0,8 для радиуса колонии, равного 50 мкм число надежно детектируемых колоний равно 160, а для радиуса 20 мкм – 400 колоний. Это позволяет расширить границы диапазона обнаружения молекул ДНК, если метод молекулярных колоний применять совместно с методом ПЦР в режиме реального времени.

Данные натурального эксперимента позволили оценить радиус колонии, как 250 ± 70 мкм, что соответствует 32 надежно детектируемым колониям. При этом была подтверждена гипотеза о более плоской вершине пика колонии по сравнению с нормальным законом распределения. Выявленное несоответствие радиуса, измеренного в ходе натурального эксперимента, оценкам, полученным при моделировании, может быть объяснено как ошибками в оценках размера пор и коэффициентов диффузии реагентов, так и ускоренной диффузией ДНК по поверхности геля в водной среде.

В процессе моделирования движения клеток в потоке жидкости было определено, что геометрическая форма ловушки (при условии, что ее ширина и ширина каналов-протоков постоянны), не оказывает влияния на вероятность захвата частиц, поскольку скоростной профиль течения жидкости перед ловушкой при изменении ее формы не изменяется. Поэтому для дальнейших исследований была выбрана круглая форма ловушки, как более технологичная.

Были определены координаты начального положения клеток, при которых происходит их захват в ловушках массива, представленного на рис. 2, а. Для ловушек

первого ряда захвата не происходит, при этом вероятности попаданий в другие ловушки коррелируют с долей потока жидкости, проходящей через ловушку (коэффициент корреляции – 97%). Что говорит о том, что основное влияние на вероятность захвата частицы в ловушке оказывает величина скорости потока жидкости, набегающего на ловушку, и симметричность скоростного профиля перед ловушкой. Для увеличения эффективности ловушки первого ряда были развернуты по потоку (рис. 2, б), что позволило увеличить вероятность захвата в них клеток до значений, соответствующих ловушкам под номером 2.

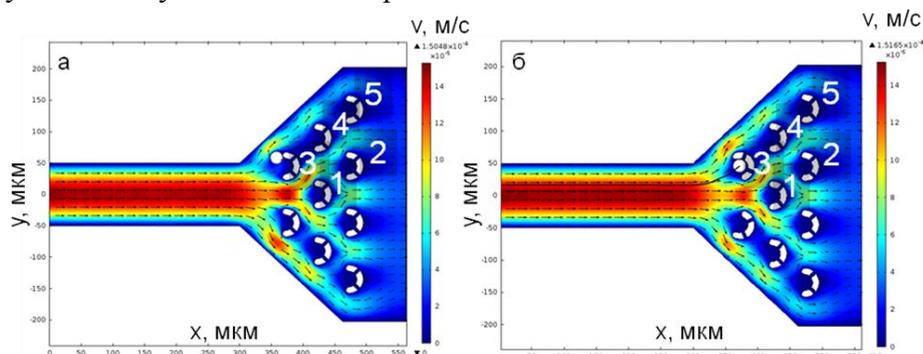


Рис. 2. Результаты моделирования движения клеток: обтекание частицей третьей ловушки при начальном смещении частицы 13 мкм относительно оси симметрии канала в топологии с неразвернутыми ловушками (а); захват частицы в третьей ловушке при начальном смещении 16 мкм относительно оси симметрии канала в топологии с развернутыми ловушками (б)

Моделирование показало, что наличие в ловушке захваченной клетки препятствует попаданию в ловушку дополнительной частицы, а последовательное заполнение ловушек массива не меняет вероятность захвата клеток в свободных ловушках.

Натурный эксперимент подтвердил результаты, полученные в ходе моделирования.

Таким образом, в ходе проделанной работы на основании оценки коэффициентов диффузии компонент смеси для ПЦР было проведено моделирование пространственного распределения фрагментов ДНК и рассчитано число надежно детектируемых колоний в зависимости от доверительной вероятности и их радиуса. Было установлено, что форма пика колонии обладает более плоской вершиной по сравнению с нормальным законом распределения. Результаты натурального эксперимента подтвердили предположение о плосковершинном распределении вещества в колонии, однако, радиус колоний оказался больше значений, полученных в ходе моделирования, что может быть вызвано как ошибками в оценках размеров пор и коэффициентов диффузии, так и специфическими условиями самого натурального эксперимента. Тем не менее, можно утверждать, что верхний предел обнаружения для ММК составляет от десятков до сотен молекул ДНК в пробе в зависимости от радиуса колонии и диаметра лунки. Таким образом, для улучшения аналитических характеристик ММК перспективным является подготовка геля с меньшим размером пор и корректировка алгоритмов обработки получаемых изображений с учетом плосковершинного распределения концентрации в колонии. При моделировании процесса переноса потоком жидкости клеток и их захвата в ловушке было установлено, что основное влияние на вероятность захвата частицы в ловушке оказывает величина потока жидкости, проходящая через ловушку, и симметричность скоростного профиля перед ловушкой. Была предложена форма ловушки и порядок их расположения в реакционной камере, работоспособность которых была подтверждена в ходе натурального эксперимента. В ходе работы была выполнена отработка методики расчетов

диффузионного и конвективного массопереносов (ДНК и клеток соответственно), что позволяет в дальнейшем решать многие задачи микрофлюидики.

Литература

1. Chetverina He.V., Samatov T.R., Ugarov, V.I., Chetverin A.B. Molecular colony diagnostics: Detection and quantitation of viral nucleic acids by in-gel PCR // BioTechniques. – 2002. – V. 33. – P. 150–156.
2. Karimi A., Yazdi S., Ardekani A.M. Hydrodynamic mechanisms of cell and particle trapping in microfluidics // Biomicrofluidics. – 2013. – V. 7. – № 2. – P. 021501.



Бойцев Антон Александрович

Год рождения: 1992

Естественнонаучный факультет, кафедра высшей математики,
группа № 6743

Направление подготовки: 010400 – Прикладная математика
и информатика

e-mail: boitsevanton@gmail.com

УДК 517.984.7

РАЗРАБОТКА ЯВНО РЕШАЕМЫХ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ КВАНТОВОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА БАЗЕ ПОДХОДА ГРАНИЧНЫХ ТРОЕК

А.А. Бойцев

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор И.Ю. Попов

В работе рассмотрен оператор $S = A \otimes I + I \otimes T$, где A – симметрический оператор, а T – самосопряженный. Случай ограниченного оператора T уже был рассмотрен в работе [1]. **Целью работы** было обобщение результатов, полученных в работе [1] на случай неограниченного самосопряженного оператора T . Более конкретно, ставились следующие цели и задачи:

- получить граничную тройку для оператора S^* , зная граничную тройку для оператора A^* в случае, когда оператор T является неограниченным;
- получить аналитическое выражение гамма-поля и функции Вейля для S через гамма-поле и функцию Вейля оператора A ;
- на конкретных примерах операторов, используемых в физике, продемонстрировать теоретические результаты, тем самым получить корректное описание взаимодействия двух подсистем.

Для получения расширений использовался аппарат граничных троек.

1. Определение 1 ([1, 2]). Тройка $\Pi = \{H, \Gamma_0, \Gamma_1\}$, где H – вспомогательное гильбертово пространство, $\Gamma_0, \Gamma_1 : \text{dom}(S^*) \rightarrow H$ – линейные отображения, называется граничной тройкой оператора S^* , если выполнено соотношение

$$(S^*f, g) - (f, S^*g) = (\Gamma_1 f, \Gamma_0 g) - (\Gamma_0 f, \Gamma_1 g), \quad f, g \in \text{dom}(S^*), \quad (1)$$

и отображение $\Gamma = (\Gamma_0, \Gamma_1)^T : \text{dom}(S^*) \rightarrow H \oplus H$ сюръективно.

2. Определение 2 ([1, 2]). Пусть $\Pi = \{H, \Gamma_0, \Gamma_1\}$ – граничная тройка для оператора S^* и $S_0 = S^*|_{\ker(\Gamma_0)}$. Операторнозначные функции $\gamma(\cdot) : \rho(S_0) \rightarrow [H, H]$ и

$M(\cdot): \rho(S_0) \rightarrow [H]$, определяемые соотношениями

$$\gamma(z) = (\Gamma_0 | R_z)^{-1}, \quad M(z) = \Gamma_1 \gamma(z), \quad z \in \rho(S_0)$$

называются гамма-полем и функцией Вейля, отвечающими граничной тройке Π соответственно.

Для любого правильного (не обязательно самосопряженного) расширения $\tilde{S}_\Theta \in Ext_S$ с непустым резольветным множеством $\rho(\tilde{S}_\Theta)$ имеет место следующая формула Крейна [3, 4]:

$$(\tilde{S}_\Theta - z)^{-1} - (S_0 - z)^{-1} = \gamma(z) (\Theta - M(z))^{-1} \gamma^*(\bar{z}), \quad z \in \rho(S_0) \cap \rho(\tilde{S}_\Theta). \quad (2)$$

Данная формула расширяет стандартную формулу Крейна, которая справедлива для канонических расширений, на любые $\tilde{S}_\Theta \in Ext_S$ с $\rho(\tilde{S}_\Theta) \neq \emptyset$. Кроме того, ввиду определения гамма-поля и функции Вейля, данная формула имеет прямую связь с граничными тройками.

– Теорема 1 ([1]). Если $\Pi_A = \{H_A, \Gamma_0^A, \Gamma_1^A\}$ – граничная тройка оператора A^* , тогда $\Pi_S = \{H, \Gamma_0^S, \Gamma_1^S\}$ – граничная тройка для оператора S^* , где

$$H = H_A \otimes H_T, \quad \Gamma_0^S = \Gamma_0^A \otimes I, \quad \Gamma_1^S = \Gamma_1^A \otimes I.$$

– Теорема 2 ([1]). Пусть $\Pi_A = \{H_A, \Gamma_0^A, \Gamma_1^A\}$ – граничная тройка оператора A^* с гамма-полем $\gamma_A(z)$. Если $\Pi_S = \{H, \Gamma_0^S, \Gamma_1^S\}$ – граничная тройка для оператора S^* , то гамма-поле $\gamma_S(z)$, отвечающее граничной тройке Π_S допускает представление

$$\gamma_S(z) = \int_a^b d\hat{E}_T(\lambda) \gamma_A(z - \lambda) \otimes I_{H_T} = \int_a^b \gamma_A(z - \lambda) \otimes I_{H_T} d\hat{E}_T(\lambda),$$

где $z \in \leq_{\pm}$, $\sigma(T) \subset [a, b]$.

– Теорема 3 ([1]). Пусть $\Pi_A = \{H_A, \Gamma_0^A, \Gamma_1^A\}$ – граничная тройка оператора A^* с функцией Вейля $M_A(z)$. Если $\Pi_S = \{H, \Gamma_0^S, \Gamma_1^S\}$ – граничная тройка для оператора S^* , то функция Вейля $M_S(z)$, отвечающая граничной тройке Π_S допускает представление

$$M_S(z) = \int_a^b d\hat{E}_T(\lambda) M_A(z - \lambda) \otimes I_{H_T} = \int_a^b M_A(z - \lambda) \otimes I_{H_T} d\hat{E}_T(\lambda),$$

где $z \in \leq_{\pm}$, $\sigma(T) \subset [a, b]$.

– Теорема 4 (Теорема регуляризации [5]). Пусть $\{C_n\}_{n=1}^{\infty}$ – последовательность плотно заданных замкнутых симметрических операторов в сепарабельном гильбертовом пространстве Λ_n и $C = \bigoplus_{n=1}^{\infty} C_n$. Пусть также $\Pi_n = \{H_n, \Gamma_{0n}, \Gamma_{1n}\}$ – граничная тройка для C_n^* , $M_n(\cdot)$ – соответствующая функция Вейля, и $Q_n = R(M_n(i))$, $R_n = \sqrt{\text{Im}(M_n(i))}$. Тогда тройка

$\Pi = \bigoplus_{n=1}^{\infty} \tilde{\Pi}_n = \bigoplus_{n=1}^{\infty} \{H_n, \tilde{\Gamma}_{0n}, \tilde{\Gamma}_{1n}\}$, $\tilde{\Gamma}_{0n} = R_n \Gamma_{0n}$, $\tilde{\Gamma}_{1n} = R_n^{-1} (\Gamma_{1n} - Q_n \Gamma_{0n})$ будет граничной тройкой для C^* .

Расширение оператора Дирака. Продемонстрируем основные результаты работы [2]. Важнейшим оператором, встречающимся в квантовой физике, является оператор Дирака. Для корректного описания взаимодействия физических подсистем используется техника самосопряженных расширений. Продемонстрируем это, опираясь на полученные результаты. Рассмотрим оператор Дирака

$$S = -ic \frac{d}{dx} \otimes I_T + I_A \otimes \begin{pmatrix} \frac{c^2}{2} & 0 \\ 0 & -\frac{c^2}{2} \end{pmatrix},$$

заданный на $H_S = L_2(\mathbf{R}) \otimes \leq^2$. Симметрическое сужение данного оператора может быть получено сужением оператора $-i \frac{d}{dx}$, а именно условием на область определения $f(0) = 0$. Пользуясь приведенными выше результатами (теоремы 1–3), получим граничную тройку Π_S , гамма-поле и функцию Вейля для оператора S^* . Для этого сначала построим граничную тройку Π_A . Интегрируя по частям, имеем

$$(A^* f, g) - (f, A^* g) = ic (f(0+) \bar{g}(0+) - f(0-) \bar{g}(0-)).$$

Легко проверить, что операторы

$$\Gamma_0^A f = -i\sqrt{2c} \frac{f(0-) - f(0+)}{2}, \quad \Gamma_1^A = -\sqrt{2c} \frac{f(0-) + f(0+)}{2}$$

являются сюръективными и удовлетворяют соотношению. Тем самым, на основании теоремы 1, граничная тройка Π_S запишется соотношениями $\Gamma_0^S = \Gamma_0^A \otimes I$, $\Gamma_1^S = \Gamma_1^A \otimes I$. Чтобы вычислить гамма-поле, необходимо построить дефектные элементы оператора A , имеющего индексы дефекта $(1, 1)$. Его можно записать следующим образом:

– если $\text{Im}(z) > 0$, то

$$f_+(x) = \begin{cases} e^{\frac{ix}{c}}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}.$$

– если $\text{Im}(z) < 0$, то

$$f_-(x) = \begin{cases} 0, & x \geq 0 \\ e^{\frac{ix}{c}}, & x < 0 \end{cases}.$$

Теперь мы можем выписать гамма-поле $\gamma_A(z)$:

$$\gamma_A(z) = \begin{cases} -i\sqrt{\frac{2}{c}}, & \text{Im}(z) > 0 \\ i\sqrt{\frac{2}{c}}, & \text{Im}(z) < 0 \end{cases}.$$

Гамма-поле $\gamma_S(z)$ получается из теоремы 2. Для функции Вейля $M_A(z)$ верно выражение

$$M_A(z) = \begin{cases} i, & \text{Im}(z) > 0 \\ -i, & \text{Im}(z) < 0 \end{cases}.$$

Теперь, на основании теоремы 3 можно написать, что $M_S(z) = M_A(z - T)$. Используя формулу (3) получаем множество всех самосопряженных расширений оператора S .

Граничная тройка в случае, когда самосопряженный оператор T является неограниченным. Для простоты описания предположим, что оператор T имеет чисто дискретный спектр. Тогда, для него справедливо спектральное разложение $S = \bigoplus_{n=1}^{\infty} C_n = \bigoplus_{n=1}^{\infty} (A \otimes I_{B_k} + I \otimes \lambda_k P_k)$. Так как проекторы – ограниченные самосопряженные операторы, то операторы $C_n = A \otimes I_{B_k} + I \otimes \lambda_k P_k$ являются замкнутыми, плотно заданными и симметрическими, и для граничной тройки оператора C_n справедлива теорема 1. Т.е. имеем

$$\Gamma_0^{C_n} = \Gamma_0^A \otimes I, \Gamma_1^{C_n} = \Gamma_1^A \otimes I.$$

Далее, используя теорему 4, можно модифицировать граничные операторы $\Gamma_0^{C_n}, \Gamma_1^{C_n}$ так, что прямая сумма этих операторов будет являться граничным оператором для оператора S^* .

Тем самым полностью решена задача о построении граничной тройки для оператора S^* в случае, когда самосопряженный оператор T не ограничен.

Гамма-поле и функция Вейля для оператора может быть получена из соотношений, приведенных в определении 2, которые используют только информацию о граничной тройке.

По полученным результатам готовится публикация.

Применение полученной техники. Рассмотрим конкретный пример, где симметрический оператор $A = -i \frac{d^2}{dx^2}$ имеет область определения $D(A) = \{\varphi \in W^{2,2}(a,b) \mid \varphi(a) = \varphi(b) = \varphi'(a) = \varphi'(b) = 0\}$, а оператор T задан на пространстве l^2 и имеет вид

$$T = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & \dots \\ 0 & 1 & 0 & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \ddots & \vdots & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & n & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \dots & \ddots \end{pmatrix},$$

т.е. $\alpha_{i,j} = i\delta_i^j, i, j = 0 \dots \infty$. Очевидно, T является неограниченным оператором.

Замечание. Оператор $S = A \otimes I + I \otimes T$ может быть интерпретирован, как гамильтониан системы, где A – оператор электрона, а T – оператор квантованного электромагнитного поля, действующего в пространстве Фока.

Интегрированием по частям получим граничную форму оператора A^* , из которой граничные операторы:

$$\Gamma_{0n}^A f = \begin{pmatrix} f'(b) \\ f(a) \end{pmatrix}, \Gamma_{1n}^A f = \begin{pmatrix} f(b) \\ f'(a) \end{pmatrix},$$

а тогда по теореме 1 операторы для C_n^* имеют вид

$$\Gamma_0^{C_n} = \Gamma_{0n}^A \otimes I, \Gamma_1^{C_n} = \Gamma_{1n}^A \otimes I.$$

Нам необходимо исправить эти граничные операторы, опираясь на теорему 4.

Можно вычислить, что гамма-поле имеет вид

$$\gamma_n(z) = \frac{i}{2\sqrt{z} \cos(\sqrt{z}(a-b))} \begin{pmatrix} -i\sqrt{z}e^{-i\sqrt{z}a} & -e^{-i\sqrt{z}b} \\ -i\sqrt{z}e^{i\sqrt{z}a} & e^{i\sqrt{z}b} \end{pmatrix} \otimes I,$$

а соответствующая функция Вейля

$$M_n(z) = \frac{-1}{\sqrt{z} \cos(\sqrt{z}(a-b))} \begin{pmatrix} z \sin(\sqrt{z}(b-a)) & -\sqrt{z} \\ -\sqrt{z} & \sin(\sqrt{z}(b-a)) \end{pmatrix}.$$

Далее, совершив необходимые преобразования, согласно теореме 4 мы получим граничные тройки, прямая сумма которых будет граничной тройкой для оператора S^* .

Заключение. Результаты необходимы и полезны для построения явно решаемых моделей в квантовой физике. Кроме того, они будут полезны специалистам, работающим в области теории расширений операторов, в особенности, интересующимся методом граничных троек, так как данный метод до сих пор практически не освещен в литературе и широко разрабатывается.

Литература

1. Boitsev A.A., Neidhardt H., Popov I.Yu. Weyl function for sum of operators tensor product // *Nanosystems: physics, chemistry, mathematics*. – 2013. – № 6. – P. 747–759.
2. Бойцев А.А., Попов И.Ю., Нейдхардт Х. Расширение тензорного произведения операторов на примере ордператора Дирака // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. – 2014. – № 4 (92). – С. 164–169.
3. Derkach V.A. and Malamud M.M. On the Weyl function and Hermite operators with lacunae // *Dokl. Akad. Nauk SSSR*. – 1987. – V. 293(5). – P. 1041–1046.
4. Derkach V.A. and Malamud M.M. Generalized resolvents and the boundary value problems for Hermitian operators with gaps // *J. Funct. Anal.* – 1991. – V. 95(1). – P. 1–95.
5. Malamud M.M., Neidhardt H. Sturm-liouville boundary value problems with operator potentials and unitary equivalence // *J. Differ. Equations*. – 2012. – № 11. – P. 5875–5922.



Вишератина Анастасия Константиновна

Год рождения: 1992

Факультет фотоники и оптоинформатики, кафедра оптической физики и современного естествознания, группа 6353

Направление подготовки: 200700 – Фотоника и оптоинформатика

e-mail: nastitoropova@yandex.ru

УДК 535.243

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНУТРИКОМПЛЕКСНОГО ПЕРЕНОСА ЭНЕРГИИ В КОМПЛЕКСАХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК С МОЛЕКУЛАМИ ХЛОРИНА E6

А.К. Вишератина

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.О. Орлова

Соединения тетрапиррольного ряда и, в частности, хлорин е6 (Сe6), занимают особое место в терапии и диагностике различных заболеваний. Они применяются для визуализации, детектирования и лечения пораженных тканей, включая возрастную макулярную дегенерацию и ряд различных онкологических заболеваний. Интерес к

тетрапирролам вызван тем, что они эффективно генерируют синглетный кислород, а также обладают онкотропностью, т.е. способны селективно накапливаться в пораженных раком клетках. Также тетрапирролы имеют интенсивные полосы поглощения в видимой области спектра [1]. В последнее десятилетие соединения тетрапиррольного ряда активно исследуются для применения в визуализации опухолевых тканей, адресной доставки лекарств и создания сложных биомедицинских наноплатформ [2]. Несмотря на широкое использование тетрапирролов в клинической практике, они обладают рядом недостатков, к которым можно отнести медленное выведение препарата из организма и необходимость индивидуального подбора источника излучения. Также важно отметить, что тетрапирролы обладают ограниченной онкотропностью, что приводит к фототоксичности данных соединений в отношении здоровых клеток.

Полупроводниковые квантовые точки (КТ) представляют собой нанокристаллы (2–10 нм), обладающие уникальными оптическими и химическими свойствами из-за присущего им квантово-размерного эффекта [3]. Высокий молярный коэффициент экстинкции, поглощение в широком спектральном диапазоне, высокий квантовый выход люминесценции и хорошая фотостабильность делают КТ универсальными донорами энергии фотовозбуждения в комплексах с органическими молекулами [4]. Использование КТ в качестве доноров энергии позволило бы повысить эффективность фотодинамического эффекта за счет внутрикомплексного переноса энергии фотовозбуждения от КТ к тетрапиррольным молекулам. Следовательно, терапевтическая доза фотосенсибилизатора и общая интоксикация организма, могут быть снижены. Также представляется возможным сократить время облучения пораженных участков ткани, не влияя при этом на результативность фотодинамического эффекта. Кроме того, КТ обладает большой площадью поверхности, на которой могут быть одновременно расположены несколько молекул, выполняющих различные функции. Это означает, что вместе с тетрапирролом можно присоединять к поверхности КТ специальные молекулы, обеспечивающие адресную доставку комплексов в клетки [5].

Большое число работ посвящено исследованию комплексов на основе кадмиевых КТ [6]. Наличие в составе КТ ионов кадмия является серьезным аргументом против использования данных комплексов в реальных биологических и медицинских приложениях. Биосовместимые КТ на основе сульфида цинка относятся к новому типу коллоидных квантовых точек. Большая ширина запрещенной зоны данных полупроводниковых приводит к тому, что полоса фундаментального перехода и экситонная люминесценция у квантовых точек ZnS смещена в УФ область спектра. Это обстоятельство затрудняет реализацию переноса энергии фотовозбуждения от КТ к тетрапиррольным молекулам тетрапиррола. В настоящее время существуют методики коллоидного синтеза, которые позволяют внедрить ионы переходных металлов, например, ионы марганца (Mn^{2+}), в КТ. Это позволяет получать биосовместимые нетоксичные КТ, люминесценция которых наблюдается в видимой области спектра [7]. Поэтому данные КТ могут быть использованы в качестве эффективных доноров энергии в комплексах с тетрапиррольными соединениями для диагностики и фотодинамической терапии онкологических заболеваний.

Примечательно, что большая часть работ посвящена исследованию комплексов, которые были сформированы в результате электростатического взаимодействия функциональных групп тетрапиррольных соединений и молекул-стабилизаторов поверхности КТ. Данные системы являются хорошими модельными объектами, поскольку позволяют детально изучать фотофизические свойства комплексов типа КТ/Себ. Однако для применения комплексов КТ/тетрапиррол в *in vitro* и *in vivo*

экспериментах целесообразно создавать комплексы, в которых связь КТ и молекулы обеспечена за счет ковалентного связывания функциональных групп молекул стабилизаторов поверхности КТ и тетрапиррола. Несмотря на относительную сложность формирования комплексов с ковалентным типом связывания, они отличаются высокой стабильностью и устойчивостью к изменениям окружающей среды.

Вне зависимости от химического состава ядра КТ и механизма комплексообразования, предполагается, что перенос энергии от КТ к молекулам Себ осуществляется по механизму ферстеровского безызлучательного резонансного переноса энергии (FRET). Основными условиями осуществления которого является хорошее перекрытие спектра люминесценции донора со спектром поглощения КТ. Также расстояние между донором и акцептором не должно превышать 10 нм.

Особое внимание в комплексах КТ и молекул Себ уделяется эффективности переноса энергии от КТ к молекулам Себ и квантовому выходу люминесценции Себ, так как именно эти два параметра влияют на эффективность данных комплексов.

Цель работы заключалась в формировании комплексов полупроводниковых квантовых точек с молекулами фотосенсибилизатора для эффективной диагностики и терапии заболеваний.

В работе были использованы CdSe/ZnS и ZnS:Mn/ZnS КТ, стабилизированные гидрофобными молекулами триоктилфосфиноксида (ТОПО). Для перевода КТ в водную фазу была проведена процедура замены гидрофобных молекул ТОПО гидрофильными молекулами цистеина и цистеина. Цистеин придает положительный заряд поверхности КТ, а цистеин – отрицательный. В качестве тетрапиррольного соединения выступил хлорин еб, диссоциированные карбоксильные группы которого заряжены отрицательно. Следовательно, комплексы на основе КТ, поверхность которых стабилизирована цистеином, создавались в результате электростатического взаимодействия путем обычного смешивания водных растворов КТ и Себ требуемых концентраций. В случае КТ, стабилизированных цистеином комплексообразование с Себ проводилось с помощью специальных молекул-линковщиков за счет образования пептидной связи между аминок группой цистеина и карбоксильной группой Себ.

Исследование образцов производилось спектрально-люминесцентными методами, в том числе с временным разрешением.

На рис. 1 приведены оптические свойства Себ и КТ. Видно, что спектр поглощения Себ (кривая 1) хорошо перекрывается со спектрами люминесценции обоих типов КТ (кривые 3 и 4). Следовательно, при образовании комплексов может быть обеспечен эффективный перенос энергии от КТ к молекулам Себ.

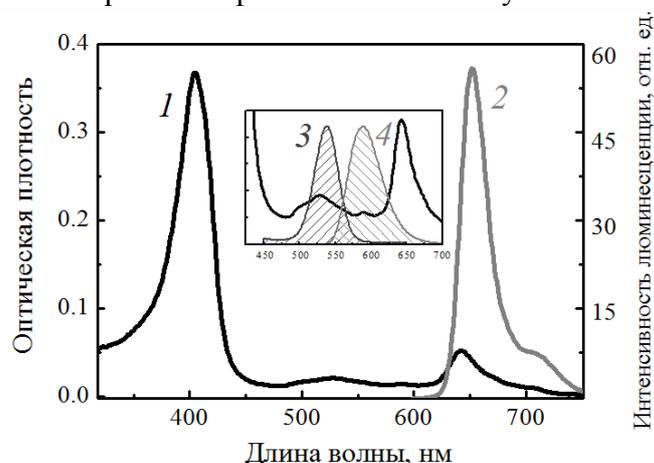


Рис. 1. Спектры поглощения (1) и люминесценции (2) Себ; спектры люминесценции CdSe/ZnS (3) и ZnS:Mn/ZnS (4) КТ

Спектрально-люминесцентными методами было установлено, что при низких относительных концентрациях Себ в смеси в сформированных комплексах наблюдается перенос энергии от КТ к молекулам Себ с эффективностью $\sim 35\text{--}50\%$. На рис. 2 приведены концентрационные зависимости эффективности переноса энергии от КТ к молекулам Себ в комплексах, сформированных в результате электростатического взаимодействия компонентов. Для комплексов с ковалентным типом связывания данные зависимости носят аналогичный характер.

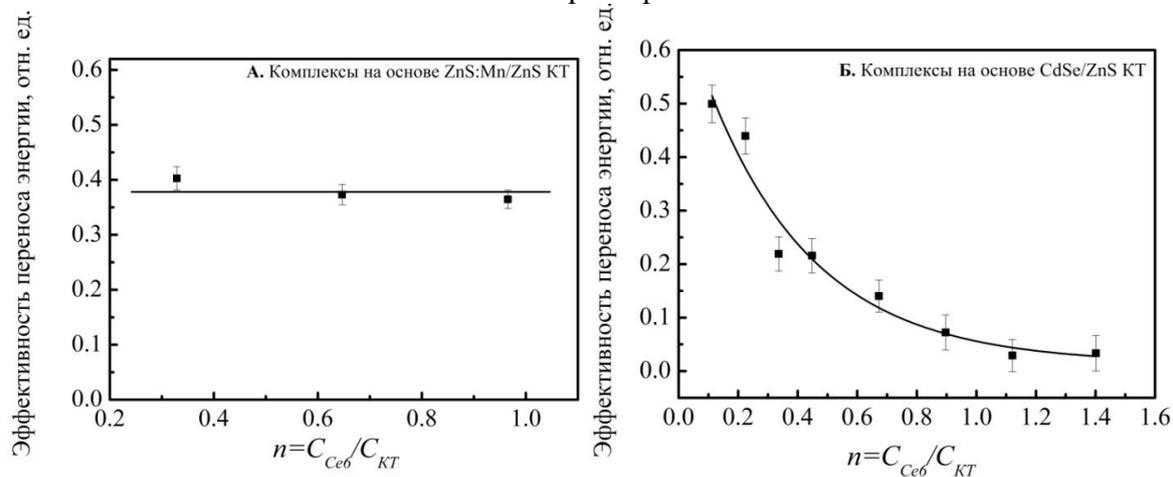


Рис. 2. Зависимости эффективности переноса энергии в комплексах на основе ZnS:Mn/ZnS (А) и CdSe/ZnS (Б) КТ Себ, сформированных в результате электростатического взаимодействия компонентов

Наличие переноса энергии с такой эффективностью при квантовых выходах люминесценции CdSe/ZnS ($\sim 8,3\%$) и ZnS:Mn/ZnS ($\sim 8,6\%$) КТ свидетельствует о том, что константа скорости переноса энергии переноса энергии существенно выше константы скорости затухания люминесценции КТ.

При увеличении концентрации Себ в смешанном растворе зависимости эффективности переноса энергии для CdSe/ZnS и ZnS:Mn/ZnS КТ отличаются принципиальным образом (рис. 2). В случае CdSe/ZnS КТ происходит снижение эффективности переноса энергии, в то время как в случае ZnS:Mn/ZnS КТ эффективность переноса энергии не зависит от концентрации Себ в смешанном растворе. Различие данных зависимостей может быть обусловлено расположением поверхностных состояний в КТ, которые в случае ZnS:Mn/ZnS КТ оказывают меньшее влияние на фотофизические свойства КТ и, следовательно, комплексов на их основе, чем на кадмиевые КТ. Также одной из причин падения эффективности переноса энергии от CdSe/ZnS КТ к молекулам Себ также может быть уменьшение квантового выхода люминесценции КТ из-за увеличения степени агрегации КТ по мере увеличения концентрации Себ в смеси.

Также в комплексах наблюдается падение квантового выхода люминесценции Себ при увеличении его относительной концентрации в смешанном растворе за исключением комплексов CdSe/ZnS КТ и Себ с ковалентным типом связывания, где квантовый выход люминесценции Себ не зависел от его концентрации в смешанном растворе. Предполагается, что падение квантовых люминесцентных свойств Себ может быть обусловлено его агрегацией на поверхности КТ.

Полученные в работе результаты являются новыми и свидетельствуют о перспективности использования в качестве эффективных доноров энергии в комплексах с тетрапиррольными компонентами ZnS:Mn/ZnS КТ, характеризующихся яркой люминесценцией примесных ионов марганца.

Литература

1. Jordan P.M. (ed.). Biosynthesis of tetrapyrroles. – Elsevier, 1991. – 323 p.
2. Maslov V., Orlova A., Baranov A. Combination Therapy: Complexing of QDs with tetrapyrroles and other dyes // Photosensitizers in Medicine, Environment, and Security. – Springer Netherlands, 2012. – P. 351–389.
3. Федоров А.В. Физика и технология гетероструктур, оптика квантовых наноструктур. Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 195 с.
4. Martynenko I.V., Orlova A.O., Maslov V.G., Baranov A.V., Fedorov A.V., Artemyev M. Energy transfer in complexes of water-soluble quantum dots and chlorin e6 molecules in different environments // Beilstein journal of nanotechnology. – 2013. – V. 4. – № 1. – P. 895–902.
5. Morosini V., Bastogne T., Frochot C., Schneider R., François A., Guillemin F., Barberi-Heyob M. Quantum dot–folic acid conjugates as potential photosensitizers in photodynamic therapy of cancer // Photochemical & Photobiological Sciences. – 2011. – V. 10. – № 5. – P. 842–851.
6. Zenkevich E.I., Von Borczyskowski C. Photoinduced Relaxation Processes in Self-assembled Nanostructures: Multiporphyrin Complexes and Composites «CdSe/ZnS Quantum Dot-Porphyrin» // Macroheterocycles. – 2009. – V. 2(3–4). – P. 206–220.
7. Bhargava R.N., Gallagher D., Hong X., Nurmikko A. Optical properties of manganese-doped nanocrystals of ZnS // Physical Review Letters. – 1994. – V. 72. – № 3. – P. 416.



Гладкая Ольга Павловна

Год рождения: 1988

Институт дизайна и урбанистики, группа № 6904

Направление подготовки: 222300 – Наукоемкие технологии
и экономика инноваций

e-mail: olga8830@yandex.ru

УДК 711.554

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ РЕНОВАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ СЕРОГО ПОЯСА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

О.П. Гладкая

Научный руководитель – к.э.н. С.Э. Шмелев

Проблема реновации промышленных территорий является чрезвычайно актуальной, так как в процессе развития современного города происходит переориентация с одного вида промышленного производства на другой, сменяется основа экономики, происходит переход к новому типу экономики города, население города увеличивается, а существующий жилой фонд не может отвечать предъявляемым к нему качественным и количественным требованиям, город разрастается вширь, опоясывая некогда процветающие промышленные районы новыми типами застройки, оставляя тем самым за собой островки заброшенных территорий или даже целые массивы промышленных, коммунально-складских территорий, как в Санкт-Петербурге.

Промышленные районы Санкт-Петербурга уже много лет являются одной из важных и самых трудно решаемых градостроительных проблем города. Несмотря на

регулярные обсуждения, проходящие между экспертами и чиновниками о предполагаемых концепциях развития территории, проект развития серого пояса продолжает оставаться нереализованным. Камнем преткновения в данном вопросе является отсутствие единой концепции реновации промышленных территорий в городе. В основу общей концепции/подхода к развитию такого рода территорий ставится повышение эффективности использования земельных ресурсов, совершенствование планировочной структуры территории с ориентацией на общий архитектурный облик города, снижение негативных последствий деятельности предприятий тяжелой, химической промышленности, обеспечение устойчивого развития территории.

В настоящее время в статьях, публикуемых средствами массовой информации и некоторых исследованиях [1] происходит некоторая путаница, связанная и с указанием площади серого пояса, и количества предприятий, входящих в него. Чаще всего встречается упоминание о 19 тыс. га серого промышленного пояса. В данном случае происходит подмена понятий «серый пояс» и «промышленные зоны, закрепленные генеральным планом». В соответствии с Паспортом промышленных зон Санкт-Петербурга [2], в городе генеральным планом и правилами землепользования и застройки закреплено 19 тыс. га производственных зон.

На основе ретроспективного анализа пространственного развития Санкт-Петербурга, а также современной модели землепользования автором обоснованы границы серого пояса Санкт-Петербурга (рисунок).

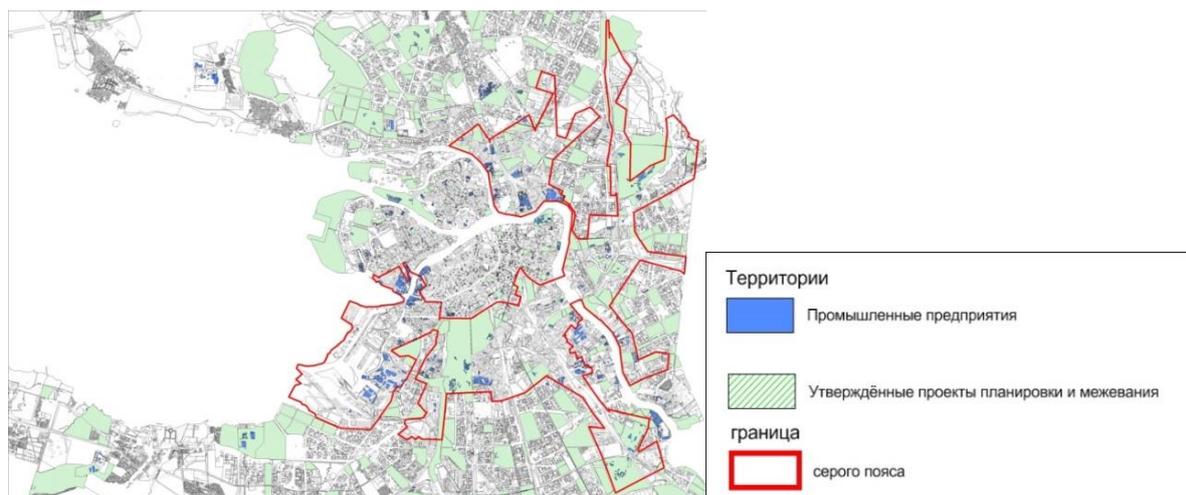


Рисунок. Граница серого пояса

Серый пояс Санкт-Петербурга – это внушительная по площади территория, занимающая около 11% от всей площади города, что составляет порядка 12,42 тыс. га, на которой расположено 109 действующих промышленных предприятий. Основная доля действующих предприятий серого пояса – это предприятия тяжелой промышленности, специализирующиеся на металлообработке, производстве машин и оборудования, транспортных средств и пр. На этих предприятиях занято 94 тыс. человек (3,25% от экономически активного населения Санкт-Петербурга).

Проведенный градостроительный анализ современного использования территории серого пояса показал наличие на территории действующих промышленных предприятий, наличие 1553 объектов культурного наследия, из них 188 объектов федерального значения, 420 объектов регионального значения, 545 выявленных объектов культурного наследия, а также – специфику транспортной инфраструктуры на данной территории, ориентированной в большей степени на удовлетворении нужд предприятий, нежели населения, несмотря на достаточно высокие показатели по

численности проживающего на территории серого пояса населения (614,2 тыс. человек).

Роль промышленных предприятий в экономике города трудно переоценить: валовый региональный продукт Санкт-Петербурга в 2013 году составил 2496,55 трлн. руб. [3] в текущих ценах, при этом обрабатывающие производства, производство и распределение электроэнергии, газа и воды, а также строительство в отраслевой структуре валового регионального продукта занимают 26,2%.

Помимо экономического выхода результатом деятельности таких объектов становится загрязнение почв тяжелыми металлами, органическими токсикантами, загрязнение воздуха и воды различными химическими соединениями.

В результате проведенного корреляционно-регрессионного анализа с целью выявления зависимости среднерыночной стоимости жилья от экологических факторов, таких, как загрязнение почв тяжелыми металлами и органическими токсикантами, а также наличия санитарно-защитных зон, в которые попадают жилые дома в границах серого пояса, была получена регрессионная модель:

$$y = 101566,84 + 46,18x_1 + 81,46x_2,$$

где 101566,84 – коэффициент, показывающий, каким будет значение y при нулевых значениях фактора модели (зависимость от других неописанных факторов); 46,18 – коэффициент, показывающий зависимость влияния x_1 на y , т.е. влияние содержания свинца в почве на стоимость жилья; 81,46 – коэффициент, показывающий зависимость влияния x_2 на y , т.е. влияние содержания органических токсикантов в почве на стоимость жилья.

Коэффициент детерминации составляет 0,018, т.е. расчетные параметры модели на 1,8% объясняют рассматриваемую зависимость. Таким образом, выбранные факторы не являются результирующими.

Это говорит о том, что, несмотря на высокие показатели загрязнения окружающей среды, источником которого являются зачастую промышленные предприятия, уровень информированности населения о выбросах и их влиянии на здоровье человека остается достаточно низким.

Проведенный анализ экономической эффективности деятельности промышленных предприятий показал, что:

- рентабельность стоимости основных средств предприятий серого пояса выше среднего показателя по Санкт-Петербургу;
- налоговая рентабельность предприятий серого пояса ниже среднего показателя по Санкт-Петербургу, но при этом показатель средней налоговой отдачи территории серого пояса выше среднего показателя по Санкт-Петербургу;
- рентабельность рабочих мест предприятий серого пояса значительно выше среднего показателя по Санкт-Петербургу.

Проведенный анализ эффективности использования земельных ресурсов серого пояса показал низкий уровень собираемости земельного налога с рассматриваемой территории. Количество земельных участков в границах серого пояса, поставленных на кадастровый учет, составляет 14208 единиц общей площадью 9415,93 га (75,8% площади серого пояса). Общая кадастровая стоимость земельных участков составляет 48,42 трлн. руб. [4]. Совокупный земельный налог с рассматриваемой территории должен составлять 602,3 млрд. руб. В настоящее время сумма налоговых поступлений территории серого пояса в бюджет Санкт-Петербурга составила 48,45 млрд. руб., что составляет 15,4% от общей суммы налоговых поступлений Санкт-Петербурга.

На основе анализа современного использования территории серого пояса, а также учитывая решения относительно рассматриваемой территории, содержащиеся в документах территориального планирования и градостроительного зонирования [5], и

учитывая мировой опыт по редевелопменту промышленных территорий, предложены три основных сценария долгосрочного развития:

- инерционный, предполагающий сохранение существующей модели землепользования;
- инвестиционный, предполагающий вынос промышленных предприятий за черту города;
- инновационный, предполагающий сохранение предприятий в сером поясе с сокращением производственных площадок и санитарно-защитных зон от них.

В качестве пилотных выбраны инвестиционный и инновационный сценарии развития.

Инвестиционный сценарий развития требует значительных денежных вливаний. В рамках данного направления рассмотрена возможность объединения двух регионов: Санкт-Петербурга и Ленинградской области, – для создания на основе существующей транспортной и энергетической системы общей экономической и налоговой системы. В качестве примера рассмотрен план по объединению Москвы и Московской области. Также проведен анализ возможных площадок для размещения промышленных мощностей на территории Ленинградской области. По данному сценарию максимально эффективные экономические показатели для всех участников процесса редевелопмента достигаются при выносе предприятия за пределы городской черты с дальнейшим наделением ранее занимаемого участка административно-деловой функцией.

Инновационный сценарий развития предполагает сокращение занимаемой предприятием площади с установлением санитарно-защитной зоны по границам сокращенной промышленной площадки и преобразование освободившейся территории. В данном случае собственник земельного участка выступает в качестве девелопера.

Проведенная финансово-экономическая оценка обоих сценариев показала, что максимальные показатели экономической эффективности достигаются в случае реализации инновационного сценария развития территории серого промышленного пояса Санкт-Петербурга.

Однако масштаб рассматриваемого объекта (12,42 тыс. га) не позволяет однозначно определить будущую функцию данной территории. Также открытым вопросом, возникающим при данном сценарии, остается перераспределение транспортных потоков и возможность существующей инфраструктуры обеспечить данные преобразования.

На основе полученных результатов может быть разработана стратегия реновации промышленных территорий с целью создания оптимального будущего землепользования, обеспечивающего устойчивое развитие города.

Литература

1. Серый пояс Санкт-Петербурга по редевелопменту / Эксперт Северо-Запад [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.expertnw.ru/news/2013-05-22/sery-royas-po-redevelopmentu>, свобод.
2. Паспорт промышленных зон Санкт-Петербурга / Комитет по промышленной политике и инновациям Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kvs.spb.ru/userfiles/2015/Koordinacia_sv/Preview_rus.pdf, свобод.
4. Валовой региональный продукт Санкт-Петербурга и Ленинградской области в 2011–2013 годах. Статистический сборник. Федеральная служба государственной статистики. Территориальный орган по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области (ПЕТРОСТАТ). – СПб., 2015. – 94 с.

5. Публичная кадастровая карта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://maps.rosreestr.ru/PortalOnline/>, своб.
6. О внесении дополнений и изменений в Закон Санкт-Петербурга «О Генеральном плане Санкт-Петербурга и границах зон охраны объектов культурного наследия на территории Санкт-Петербурга». Закон Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kga.gov.spb.ru/genplan/zakon_1.html, своб.



Гриценко Полина Андреевна

Год рождения: 1990

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра систем управления и информатики, группа № 6147
Направление подготовки: 220100 – Интеллектуальные системы
управления техническими процессами
e-mail: polina.gritsenko@gmail.com

УДК 681.5

НЕПРЯМОЙ АДАПТИВНЫЙ МЕТОД КОМПЕНСАЦИИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ВОЗМУЩЕНИЯ

П.А. Гриценко

Научный руководитель – к.т.н., доцент С.В. Арановский

Работа выполнена в рамках темы НИР № 610454 «Разработка интеллектуальных технологий управления, навигации и обработки информации с применением к мобильным робототехническим системам и комплексам».

Синтезирование систем, обеспечивающих требуемое качество функционирования объекта управления (ОУ) при воздействии на него внешних возмущений, является фундаментальной проблемой теории управления и актуальной прикладной задачей. К примеру, проблемы акустического шума значительно возросли с увеличением использования промышленного оборудования, такого как: двигатели, вентилятора, компрессоры и трансформаторы. Это особенно заметно в транспортных системах (например, автотранспорт, поезда, самолеты и корабли), технологических установках, электрических устройствах (например, кондиционеры, холодильники, стиральные машины, пылесосы), медицинском оборудовании. Описанная задача решается методами техники активного шумоподавления, представляющими собой компенсацию возмущения, основанную на принципе суперпозиции, в которой для подавления нежелательного шума, вторичным источником создается антишумовой сигнал такой же амплитуды, но противоположной фазы, что приводит к снижению остаточного шума. Предметом исследования настоящей работы является не прямой адаптивный метод компенсации возмущений. Использование методов компенсации возмущений предполагает точное знание частоты возмущающего воздействия, но, как правило, на практике такая информация отсутствует или же частота возмущения меняется в ходе функционирования системы. При этом, зачастую, использование датчиков измерения частоты является невозможным ввиду технических или экономических причин, что приводит к возникновению задачи нахождения частоты гармонического сигнала, причем качество компенсации напрямую зависит от точности идентификации частоты. К тому же, задача идентификации значительно усложняется в условиях реальных шумов измерений, которые могут привести к появлению смещения или осцилляции вокруг среднего значения оценки частоты. Таким образом, разработка методов

повышения точности идентификации частоты синусоидального сигнала в условиях шумов измерений представляет определенных интерес.

Таким образом, в настоящей работе могут быть выделены два основных раздела: Задача идентификации частоты возмущающего сигнала и настройка параметров алгоритма компенсации. Первоначально был проведен обзор существующих алгоритмов идентификации, затем для выбранных алгоритмов была получена улучшенная схема за счет введения каскада фильтров. В качестве алгоритмов настройки параметров регулятора были рассмотрены два подхода: частотный подход и подход на основе решения полиномиальных уравнений. И как результат был синтезирован окончательный алгоритм компенсации.

Если частота возмущения неизвестная величина, то возникает необходимость нахождения ее оценки, что приводит к использованию блока идентификации. На основании полученной оценки производится настройка параметров регулятора, осуществляющего компенсацию возмущения.

Для получения оценки частоты использовались три алгоритма идентификации: идентификация, основанная на градиентном методе, представленная в [1]; алгоритм идентификации, с применением метода наименьших квадратов и генератора ортогональных сигналов [2]; идентификация частоты на основе адаптивного режекторного фильтра [3].

Большинство алгоритмов идентификации отлично справляются с задачей идентификации чистого сигнала, не содержащего шумовую составляющую. При появлении шума возникают осцилляции оценки частоты, а также смещение установившегося значения. Что непосредственно отражается на качестве последующей компенсации возмущения.

Для устранения указанного недостатка предлагается каскадная схема идентификации с настраиваемыми полосно-пропускающими фильтрами для последовательного уточнения оценки частоты идентифицируемого сигнала. На рисунке приведена структурная схема предлагаемой каскадной идентификации.

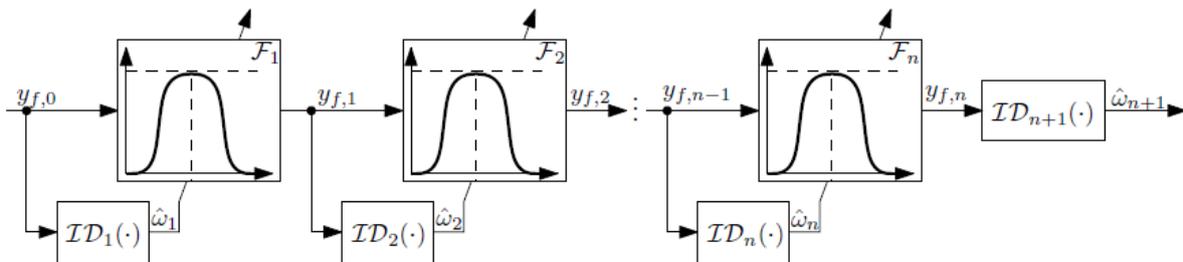


Рисунок. Каскадная схема адаптивных полосовых фильтров

В качестве фильтрующих блоков были выбраны реализации устойчивых линейных полосовых фильтров, где i -й фильтр пропускает синусоидальный сигнал с частотой, лежащей внутри диапазона $[\omega_{l,i}, \omega_{r,i}]$, где $\omega_{l,i}$ и $\omega_{r,i}$ – левая и правая границы полосового фильтра, и ослабляет сигналы с частотами вне указанного диапазона. Предполагается, что пропускная способность i -го фильтра является фиксированным расчетным параметром, и фильтр можно параметризовать только его центральной частотой.

Адаптивный каскад может быть описан следующим образом:

$$y_{f,0}(t) = y(t),$$

$$\hat{\omega}_i(t) = ID_i(\alpha_i, k_i)[y_{f,i-1}(t)],$$

$$y_{f,i}(t) = F_i(\hat{\omega}_i(t))[y_{f,i-1}(t)],$$

$$\hat{\omega}_{n+1}(t) = \text{ID}_{n+1}(\alpha_{n+1}, k_{n+1})[y_{f,n}(t)], \quad i = 1, \dots, n,$$

где $\text{ID}[y_{f,i}(t)]$ и $F[y_{f,i}(t)]$ представляют собой сигнал $y_{f,i}(t)$, проходящий через системы ID и F , где i -й блок ID_i представляет собой реализацию используемого идентификатора. Идентификатор принимает сигнал $y_{f,i-1}(t)$ в форме как входной и обеспечивает оценку частоты этого сигнала $\hat{\omega}_i(t)$. Эта оценка используется для настройки средней частоты i -го фильтра. Сигнал $y_{f,i}(t)$ получается в результате прохождения сигнала $y_{f,i-1}(t)$ через настроенный i -й фильтр. Если фильтры выбраны таким образом, что $b_{w,i} < b_{w,i-1}$, то уровень шума в сигнале $y_{f,i}(t)$ будет ниже, чем уровень шума в сигнале $y_{f,i-1}(t)$. Что, в свою очередь, приведет к уменьшению установившегося значения ошибки измерения частоты $\hat{\omega}_{i+1}(t)$ по сравнению с установившимся значением ошибки измерения $\hat{\omega}_i(t)$.

В качестве примера рассматривается проблема идентификации частоты сигнала $y(t) = \sin(10 \cdot 2\pi t + \pi/3) + \delta(t)$, где в роли шума выбран случайный равномерно распределенный ограниченный сигнал с нулевым средним значением.

Каскад состоит из трех идентификаторов ID_i , $i = 1, 2, 3$ и двух полосовых фильтров. В качестве фильтров выбраны фильтры Баттерворта 6-ого порядка.

Отдельные количественные оценки результатов моделирования предложенного каскада с алгоритмами идентификации [1–3] приведены в таблице. Для ошибок идентификации $\tilde{\omega}_{1,2,3}$ и каждого из рассматриваемых алгоритмов идентификации оцениваются две количественные характеристики: математическое ожидание E и дисперсия V , при этом желаемое значение математического ожидания ошибки идентификации $E = 0$.

Таблица. Результаты численного моделирования

| | Количественные оценки | $\tilde{\omega}_1$ | $\tilde{\omega}_2$ | $\tilde{\omega}_3$ |
|--------------|---------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Алгоритм [1] | E , Гц | 3,11 | 0,05 | 0,03 |
| | V , Гц ² | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| Алгоритм [2] | $E \cdot 10^{(-1)}$, Гц | 0,53 | 0,04 | 0,02 |
| | $V \cdot 10^{(-3)}$, Гц ² | 1,04 | 0,14 | 0,05 |
| Алгоритм [3] | $E \cdot 10^{(-1)}$, Гц | 0,04 | 0,01 | 0,01 |
| | $V \cdot 10^{(-4)}$, Гц ² | 2,38 | 1,35 | 0,48 |

Полученные результаты показывают, что в случае зашумленного входного сигнала каскад адаптивных фильтров может значительно улучшить качество идентификации, уменьшить отклонение и дисперсию установившейся ошибки.

Расчет передаточной функции регулятора $Q(q^{-1}) = \frac{B_Q(q^{-1})}{A_Q(q^{-1})}$ осуществляется

двумя способами: на основе частотного метода и путем решения полиномиальных уравнений. Оценка возмущения может быть представлена, как $\hat{\rho} = \rho + \varepsilon_\rho$, тогда управление принимает вид $u = -Q\hat{\rho}$ и цель управления может быть переписана, как $\rho - PQ\hat{\rho} \rightarrow 0$, $(1 - PQ)\rho - PQ\varepsilon_\rho \rightarrow 0$. Устойчивость регулятора и ОУ гарантирует

$PQ\varepsilon_p \rightarrow 0$. Тогда компенсация возмущения сводится к нахождению такой Q , что выполняется $(1 - PQ)\rho = 0$ или $1 - PQ = 0$ для конкретной частоты.

Тогда, в первом случае, синусоидальный сигнал $\rho = A \sin(\omega t + \varphi)$ может быть представлен как выход некоторой системы $\rho(t) = \frac{B_p(q^{-1})}{A_p(q^{-1})} \delta(t)$. Тогда выход системы

$\rho - PQ\hat{\rho} = \frac{A_p A_Q - B_p B_Q}{A_p A_Q} \frac{B_p}{A_p} \delta(t)$. Если числитель может быть представлен как

$A_p A_Q - B_p B_Q = A_p D$, то $\frac{DB_p}{A_p A_Q} \delta(t) \rightarrow 0$. Таким образом, необходимо подобрать такое

устойчивое Q , чтобы выполнялось равенство $A_p D + B_p B_Q = A_p A_Q$. Решение данного уравнения сводится к решению линейного матричного уравнения

$$\begin{bmatrix} M_{B_p} & M_{A_p} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_Q \\ D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_p A_Q \end{bmatrix}, \text{ где } M_{B_p}, M_{A_p} - \text{матрицы свертки для векторов } B_p, A_p$$

соответственно.

Второй подход основывается на том утверждении, что реакция устойчивой системы на синусоидальное воздействие $\xi(t) = \bar{A} \sin(\omega t + \bar{\varphi}) + \varepsilon_\xi$. Для того, чтобы эта реакция сходилась с течением времени к нулю необходимо, чтобы $\bar{A} = 0$ или

$$\left| 1 - P(e^{j\omega})Q(e^{j\omega}) \right| = 0, \quad \text{тогда} \quad \left| \frac{A_p(e^{j\omega})A_Q(e^{j\omega}) - B_p(e^{j\omega})B_Q(e^{j\omega})}{A_p(e^{j\omega})A_Q(e^{j\omega})} \right| = 0 \quad \text{и}$$

$A_p(e^{j\omega})A_Q(e^{j\omega}) = B_p(e^{j\omega})B_Q(e^{j\omega})$. Далее для выбранного устойчивого A_Q и идентифицированной частоты коэффициенты полинома $B_Q = b_1 q^{-1} + b_0$ могут быть

найжены следующим образом $b_1 = \text{Im} \left(\frac{A_p(e^{jT\omega})A_Q(e^{jT\omega})}{B_p(e^{jT\omega})} \right) \frac{1}{\sin(T\omega)}$,

$$b_0 = \text{Re} \left(\frac{A_p(e^{jT\omega})A_Q(e^{jT\omega})}{B_p(e^{jT\omega})} \right) - b_1 \cos(T\omega), \text{ где } T - \text{период дискретизации.}$$

Подводя итог, следует отметить следующее: разработанная каскадная схема адаптивных фильтров вносит значительные улучшения в систему не прямой компенсации для ряда алгоритмов идентификации. В качестве показательного примера можно выделить результаты, полученные для адаптивного алгоритма, описанного в [1]. Для других алгоритмов идентификации частоты синусоидального сигнала [2, 3] встраивание каскадной схемы не ухудшает показателей качества. Необходимо заметить, что в первом случае алгоритм идентификации обладает глобально-экспоненциальной устойчивостью и не требует столь тщательного подбора параметров алгоритма идентификации при его настройке. В то время как устойчивость алгоритмов [2, 3] полуглобальная и для их настройки необходимо знать примерное значение частоты, в противном случае, значение времени переходного процесса будет принимать большие значения. Таким образом, предложенная каскадная схема фильтрации в

совокупности с более сильными в смысле устойчивости алгоритмами идентификации дает лучшие по показателям результаты компенсации возмущения, что говорит о несомненной значимости полученных результатов.

Литература

1. Aranovskiy S., Bobtsov A., Kremlev A., Nikolaev N., Slita O. Identification of Frequency of Biased Harmonic Signal // EUCA European Journal of Control. – 2010. – V. 16. – P. 129–139.
2. Fedele G., Ferrise A. Non Adaptive Second-Order Generalized Integrator for Identification of a Biased Sinusoidal Signal // IEEE Trans Autom Control. – 2012. – V. 57. – P. 1838–1842.
3. Mojiri M., Bakhshai A.R. An adaptive notch filter for frequency estimation of a periodic signal // IEEE Trans Autom Control. – 2004. – V. 49. – P. 314–318.



Ермолаев Петр Андреевич

Год рождения: 1991

Факультет фотоники и оптоинформатики, кафедра компьютерной фотоники и видеоинформатики, группа № 6352

Направление подготовки: 200700 – Фотоника и оптоинформатика
e-mail: petr-ermolaev@hotmail.com

УДК 681.3.01:681.787

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕКУРРЕНТНЫХ АЛГОРИТМОВ НЕЛИНЕЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЗАДАЧЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

П.А. Ермолаев

Научный руководитель – к.т.н., доцент М.А. Волынский

В работе были исследованы нелинейные алгоритмы динамического оценивания параметров интерферометрических сигналов, в частности, расширенного фильтра Калмана (РФК) первого и второго порядка [1], оптимального нелинейного марковского фильтра (ОНМФ) [2] и последовательного метода Монте-Карло (ПММК) [1, 3]. Алгоритмы проанализированы с точки зрения качества получаемых оценок, устойчивости алгоритмов к изменениям начальных условий и вида помех. Получена теоретическая оценка быстродействия алгоритмов. Проведена апробация исследуемых алгоритмов на экспериментальных данных.

Целью работы являлось исследование нелинейных алгоритмов динамического оценивания параметров применительно к задаче обработки интерферометрических сигналов и сравнительный анализ этих алгоритмов.

Бесконтактные оптические методы исследования [4] микроструктуры объектов имеют большое значение в медицине, криминалистике и других областях. Интерферометрические методы обладают наибольшими точностью и разрешением среди оптических методов [5]. Сигналы, регистрируемые в интерферометрических системах, содержат полезную информацию о микроструктуре исследуемого объекта, извлечение которой осуществляется путем обработки таких сигналов, состоящей в определении их отдельных параметров, например, амплитуды и фазы [6]. Высокая точность, устойчивость к помехам и скорость обработки играют важную роль при использовании интерферометрических систем.

Одномерный интерферометрический сигнал можно представить в виде дискретной последовательности отсчетов

$$s(k) = B(k) + A(k) \cos \Phi(k) + n(k), \quad (1)$$

где $k=0 \dots K-1$ – номер видеокadra; $B(k)$ – фоновая составляющая сигнала; $A(k)$ – амплитуда информативной составляющей; $n(k)$ – аддитивный шум; $\Phi(k)$ – полная фаза сигнала, которая может быть представлена как

$$\Phi(k) = \sum_{j=0}^k 2\pi f(j) \Delta x, \quad (2)$$

где $f(j)$ – частота сигнала; Δx – шаг дискретизации по глубине.

Пример сигнала с изменяющимися параметрами приведен на рис. 1.

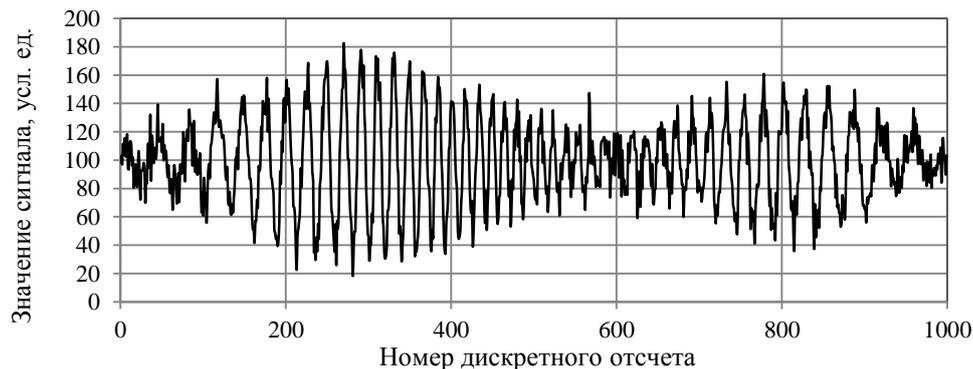


Рис. 1. Модельный интерферометрический сигнал

Традиционные методы обработки, основанные на применении преобразования Фурье [7] и методах фазового сдвига [8] не всегда обеспечивают необходимое качество обработки, так как не позволяют непосредственно оценивать информативные параметры сигналов и не учитывают априорную информацию о процессе формирования интерферометрического сигнала.

Альтернативным подходом к обработке интерферометрических сигналов является применение алгоритмов динамической обработки данных [1, 6]. В этих алгоритмах используется представление сигнала в форме выхода в общем случае нелинейной динамической системы [1], состояние которой определяется вектором параметров сигнала. В случае использования модели (1)–(2) вектор параметров имеет вид

$$\theta(k) = (B, A, f, \Phi)^T. \quad (3)$$

Использование разнообразных моделей сигналов позволяет создавать специализированные алгоритмы обработки, которые позволяют оценивать не только стандартные параметры квазигармонических сигналов, такие как фон, амплитуда, частота и фаза.

Оптимальным с точки зрения минимума среднеквадратического отклонения ошибок алгоритмом динамической обработки данных является линейный фильтр Калмана (ЛФК) [1], который, однако, не применим для оценивания параметров интерферометрических сигналов ввиду нелинейной зависимости значения сигнала от параметров.

Наиболее известным обобщением ЛФК на случай оценивания параметров нелинейных динамических систем является РФК [1]. В нем используется линеаризация нелинейных уравнений динамической системы при помощи математического аппарата рядов Тейлора с использованием членов, содержащих производные первого порядка.

Обработка k -го отсчета сигнала при помощи РФК разделяется на два этапа, которые принято [1] называть предсказанием и коррекцией.

На этапе предсказания происходит экстраполяция значений вектора параметров. На этапе коррекции происходит уточнение предсказанного значения вектора

параметров с учетом невязки между наблюдениями на текущем шаге и предсказанием. В РФКВП и ОНМФ при аппроксимации нелинейных уравнений динамической системы учитываются также члены ряда Тейлора, содержащие производные более высоких порядков. В работе [9] показано, что влияние дополнительных поправок в РФКВП и ОНМФ незначительно ввиду их малых значений.

Альтернативным подходом к динамической обработке интерферометрических сигналов является ПММК [3], часто упоминаемый в зарубежной литературе как «фильтр частиц» (англ. Particle filter) [3]. Этот алгоритм базируется на статистической аппроксимации апостериорной плотности вероятности параметров системы на основании ряда предыдущих наблюдений.

Существуют реализации ПММК, использующие различные подходы к численному моделированию распределения оцениваемых параметров [3]. Ниже рассмотрена простейшая версия ПММК, позволяющая продемонстрировать основные принципы работы алгоритма.

Работа ПММК состоит из четырех этапов (рис. 2):

1. генерация случайного набора векторов параметров системы в соответствии с плотностью вероятности распределения параметров на предыдущем шаге $p(\theta(k-1))$;
2. предсказание возможных значений параметров на следующем шаге;
3. отбор векторов, лучше всего удовлетворяющих поступившим наблюдениям;
4. коррекция плотности вероятности распределения параметров.

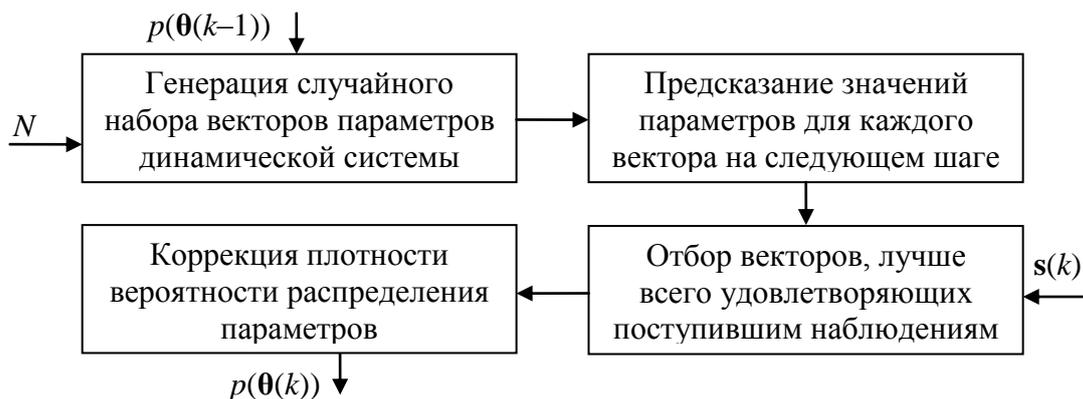


Рис. 2. Схема обработки одного отсчета сигнала при помощи последовательного метода Монте-Карло

Количество генерируемых случайных векторов N , пороговая вероятность отбора и статистические моменты априорной плотности вероятности распределения параметров являются входными параметрами алгоритма и задаются пользователем априорно в зависимости от требований к скорости и качеству обработки данных.

На рис. 3 представлены результаты оценивания амплитуды и частоты сигнала, представленного на рис. 1, при помощи рассматриваемых алгоритмов.

Использование предложенных алгоритмов позволило увеличить отношение сигнал/шум восстановленного сигнала по сравнению с модельным более чем на 60%.

В рамках работы была оценена вычислительная сложность исследуемых алгоритмов. Было показано, что вычислительная сложность РФК, РФКВП и ОНМФ зависит от количества отсчетов в сигнале K , размера вектора параметров p и вектора наблюдений q как $O(K(p^3+q^3))$, а сложность ПММК – $O(KN(p+q))$, где N – количество генерируемых на каждом шаге работы алгоритма случайных векторов. Хранение данных, используемых для расчета поправочных коэффициентов в РФКВП и ОНМФ, требует использования дополнительной памяти, что делает предпочтительным использование РФК. Объем памяти, используемой при обработке сигналов при помощи ПММК, линейно зависит от размера вектора параметров и количества генерируемых

векторов. В процессе работы этого алгоритма в памяти размещается $N(p+q+1)+q$ переменных.

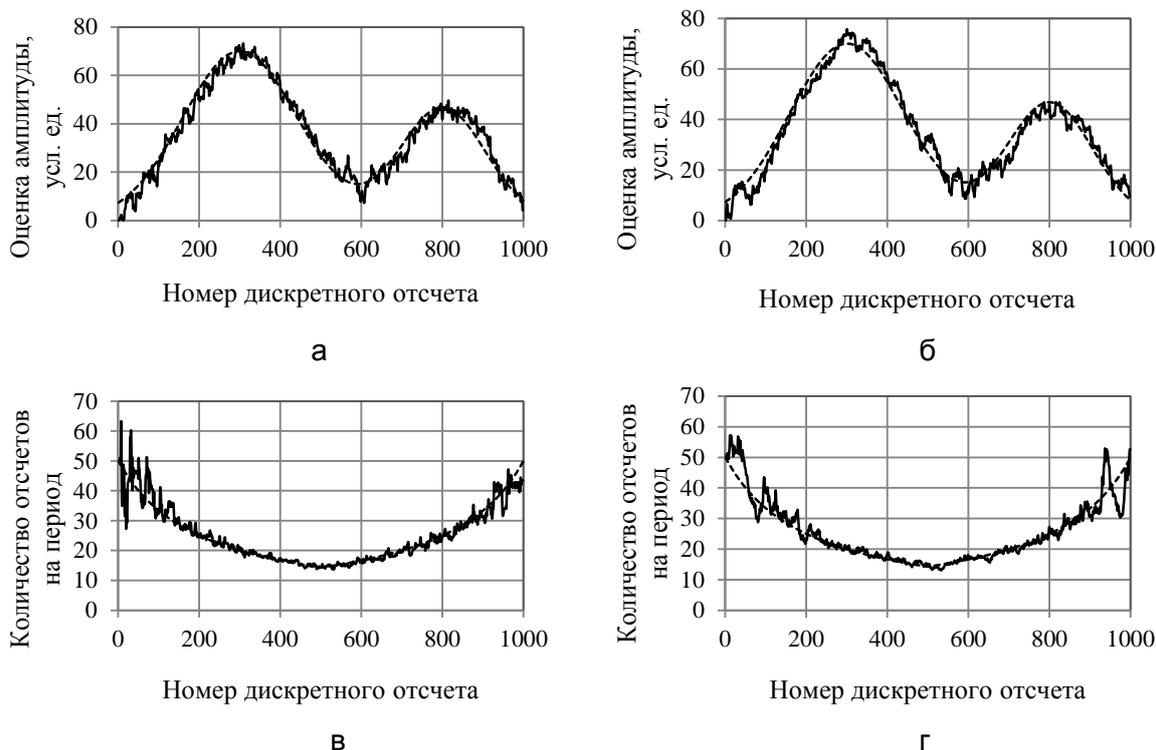


Рис. 3. Результаты оценивания параметров модельного сигнала при помощи РФК (а, в) и ПММК (б, г). Пунктирной линией обозначены истинные значения параметров

Исследуемые алгоритмы были апробированы на экспериментальных интерферометрических сигналах малой когерентности [10], полученных при помощи микроинтерферометра Линника МИИ-4. Обработка таких сигналов заключается в оценке амплитуды сигнала, в которой содержится информация о степени отражения излучения вдоль оси, перпендикулярной латеральной плоскости объекта. Глубина с максимальным отражением соответствует границе поверхности.

На рис. 4 представлены результаты обработки сигнала, полученного в одной точке поверхности зеркала, с нанесенным на нее красителем, при помощи РФК и ПММК.

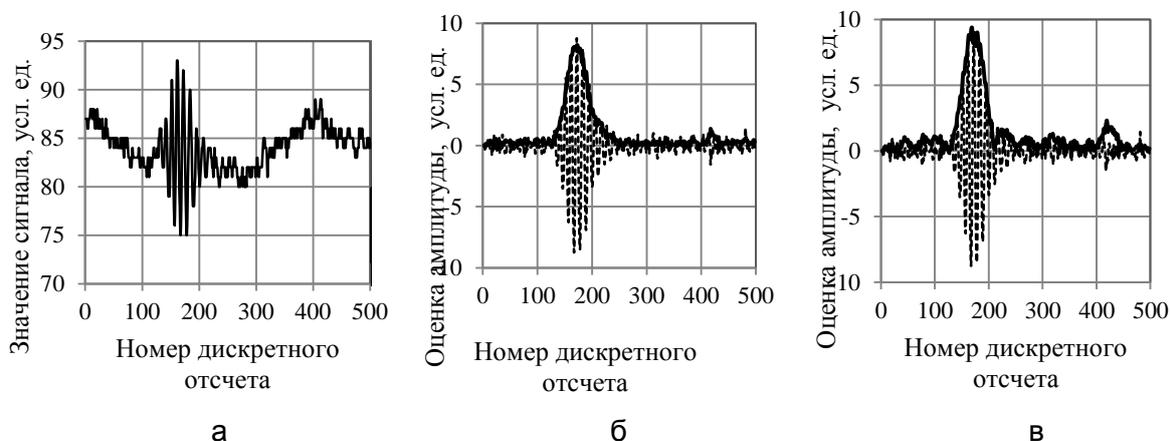


Рис. 4. Экспериментальный интерферометрический сигнал (а), полученный при исследовании поверхности зеркала, с нанесенным на нее красителем, и результаты оценивания его амплитуды (сплошная линия) с помощью РФК (б) и ПММК (в)

На рис. 5 представлена трехмерная модель поверхности торца металлической детали, восстановленная по результатам обработки экспериментальных данных при помощи РФК и ПММК.

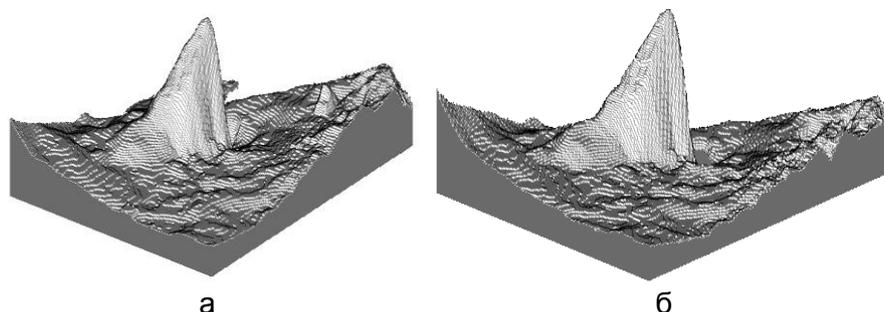


Рис. 5. Трехмерная модель поверхности торца металлической детали, восстановленная по результатам обработки экспериментальных данных при помощи РФК (а) и ПММК (б)

На модели хорошо различима характерная для данного способа изготовления деталей конусообразная неровность, высота которой составляет величину порядка 8 мкм.

Областью применения рассмотренных алгоритмов являются интерферометрические системы. Алгоритмы калмановского типа (РФК, РФКВП и ОНМФ) целесообразно использовать в системах с высокими требованиями к быстродействию и объемам используемой памяти в случае малой априорной неопределенности относительно модели и характеристик случайных помех, присутствующих в системе. ПММК следует использовать в системах с меньшими требованиями к быстродействию и при отсутствии достаточного количества априорной информации об интерферометрической системе.

В дальнейшем работа может быть продолжена в направлении исследования других алгоритмов динамического оценивания параметров, в том числе разработки их модификаций, а также синтеза новых моделей с целью увеличения качества обработки интерферометрических сигналов. Для ускорения обработки больших объемов данных в перспективе может быть использована реализация исследуемых алгоритмов при помощи технологий параллельных вычислений, в том числе вычислений с использованием графических процессоров.

Литература

1. Simon D. Optimal state estimation. – NY: John Wiley & Sons, Inc., 2006. – 526 p.
2. Ярлыков М.С., Миронов М.А. Марковская теория оценивания случайных процессов. – М.: Радио и связь, 1993. – 461 с.
3. Ristic B., Arulampalam S., Gordon N. Beyond the Kalman filter: Particle filters for tracking applications. – Norwell: Artech House, 2004. – 309 p.
4. Malacara D. Optical shop testing. 3rd ed. – NY: John Wiley & Sons, Inc., 2007. – 862 p.
5. Коломийцов Ю.В. Интерферометры: основы инженерной теории, применение. – Л.: Машиностроение, 1976. – 296 с.
6. Gurov I., Volynsky M. nfringe analysis based on recurrence computational algorithms // Optics and Lasers in Engineering. – 2012. – V. 50. – P. 514–521.
7. Takeda M., Ina H., Kobayashi S. Fourier transform method of fringe-pattern analysis for computer-based topography and interferometry // JOSA. – 1982. – V. 72. – P. 156–160.
8. Phillion D. General methods for generating phase-shifting interferometry algorithms // Appl. Opt. – 1997. – V. 36. – № 31. – P. 8098–8115.

9. Ermolaev P., Volynsky M. The second order Kalman filter and Markov nonlinear filter for data processing in interferometric systems // Journal of Physics: Conferences Series. – 2014. – V. 012015. – № 536. – P. 1–3.
10. Dresel T., Häusler G., Ventzke H. Three-dimensional sensing of rough surfaces by coherence radar // Appl. Opt. – 1992. – V. 31. – P. 919–925.



Жебалова Екатерина Андреевна

Год рождения: 1986

Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра финансового менеджмента и аудита, группа № и6555

Направление подготовки: 080200 – Менеджмент

e-mail: eanikolaeva@yandex.ru

УДК 334.7

**МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ БИЗНЕСА
В ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ**

Е.А. Жебалова

Научный руководитель – д.э.н., профессор Н.А. Шапиро

Актуальность темы исследования. Экономический рост и повышение конкурентоспособности национальной экономики возможны только при инновационном развитии и применении научно-технического потенциала высокотехнологичных отраслей.

Именно наукоемкие и высокотехнологичные отрасли занимают ведущее положение ввиду того, что в них реализуется значительная часть инновационных разработок и технологий [1]. Кроме того, прослеживается четкая взаимосвязь объема высокотехнологичного сектора и научно-технического потенциала страны, который определяет важнейшие критерии экономического роста [2]. В зависимости от уровня инновационного развития изменяется роль и вес страны на международном рынке, размер иностранных инвестиций, качество обеспечения национальной безопасности и ряд других немаловажных факторов.

Анализ практик инновационных, наукоемких, высокотехнологичных производств показал, что затрагиваемые в процессе исследования аспекты долгосрочного экономического развития страны носят сложный, многогранный и взаимосвязанный характер.

К настоящему времени уровень и интенсивность роста инновационности российской экономики признается экспертами недостаточными, а инновационная активность предприятий реального сектора экономики оценивается как снижающаяся, внутренний спрос на результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по-прежнему недостаточным, количество организаций, занятых исследованиями и разработками, а численность исследовательского персонала демонстрирует отрицательную динамику [3]. Несмотря на указанные негативные тенденции в российской практике уже накопился опыт инновационных практик в социальной сфере.

Социальная (непроизводственная) сфера как совокупность отраслей народного хозяйства, включает нематериальное производство и нематериальные услуги [4]. Общим признаком, объединяющим их в одну сферу человеческой

деятельности, является нематериальный характер результата труда работников, занятых в этих видах деятельности. К социальной сфере можно отнести: здравоохранение, пассажирский транспорт, жилищно-коммунальное и бытовое обслуживание населения, физическую культуру, просвещение, культуру, науку и научное обслуживание, кредитование, финансирование и страхование, управление, общественные организации [5].

Общие тенденции развития производства, связанные с внедрением и развитием инноваций в современных условиях активно проникают и в социальную сферу, сферу оказания услуг, в частности, в медицинское обслуживание, ставшим одним из высокотехнологичных отраслей социальной сферы.

Таким образом, тема настоящего исследования представляется весьма актуальной как в теоретическом, так и в прикладном аспектах.

Цель и задачи исследования. Целью исследования являлся анализ организационно-экономических механизмов управления и развития бизнесом формирующейся в России новой подотрасли здравоохранения, оказывающей высокотехнологичные медицинские услуги (ВМУ).

В соответствии с указанной целью в работе поставлены следующие задачи:

1. провести детальный анализ таких важнейших направлений в отрасли, как развитие новых медицинских технологий, а также инновационных решений в организации и управлении отраслью в целом и бизнеса, участвующего в этой системе, в частности;
2. выявить на конкретных примерах содержание основных этапов становления системы высокотехнологичной медицинской помощи (ВМП) в реформируемом здравоохранении России и дать прогноз перспектив дальнейшего развития бизнеса в подотрасли;
3. выявить новые тенденции развития Российского здравоохранения, на фоне которых происходит развитие новой подотрасли здравоохранения, оказывающей ВМП;
4. раскрыть механизм государственного-частного партнерства, используемого в России, и отразить его влияние на развитие бизнеса в высокотехнологичных отраслях медицинской помощи.

Объектом исследования является новый кластер российского здравоохранения – национальная система ВМП и практики развития бизнеса в этой системе.

Предметом исследования выступают организационно-экономические отношения и рыночные институты функционирования высокотехнологичного здравоохранения в России.

Теоретическая и методологическая основы исследования. Теоретико-методологической основой исследования явились труды отечественных и зарубежных авторов по экономике и организации здравоохранения:

- общие вопросы экономики и управления здравоохранением на современном этапе его развития рассматривались в трудах А.Е. Агапитова, Л. Аннеманс, Д.П. Антонова, А.Д. Аюшиева, Г.Е. Бесстремянной, Н.Б. Бирюковой, Л.Я. Бухарбаевой, В.В. Власова, А.И. Вялкова, С.А. Гаспаряна, Н.К. Гусевой, Ю.Ю. Зинчука, В.Н. Канюкова, Ф.Н. Кадырова и др.;
- организационно-экономические проблемы в развитии национальной системы ВМП рассматривались в работах Е.Ю. Афанасьевой,

Ю.Я. Бойченко, Л.А. Бокерия, Ж.А. Васильевой, И.В. Виблой, Т.Н. Воронцовой, А.И. Вялкова, Г.М. Вялковой, М.Б. Елисеева, Н.А. Кравченко, А.С. Купцевич, П.П. Кузнецова, В.И. Перхова и др.;

- современное толкование новой индустриализации сформировалось в работах отечественных и зарубежных авторов: У. Ростоу, Р. Арон, Дж.К. Гэлбрейт, Э. Тоффлер, Д. Нейсбитт, Дж. Коммонса, Т. Парсонса, С. Блэка, М. Леви, И. Шумпетера, В. Ойкена, П. Друкера, С.Ю. Глазьева, Н.Ф. Газизуллина, Л.С. Бляхмана, В.В. Иванова, В.С. Воронова, Е.Н. Кузнецова, В.В. Харитоновна, В.Т. Рязанова, Ю.П. Фирстова, С.А. Дубинина, Н.А. Шапиро и др.;
- теоретико-методологические основы изучения теории государственно-частного партнерства в экономической литературе представлены системой взглядов таких зарубежных ученых как П. Боуф, Ф. Йоханссон, Б. Карлоф, Дж. Кейнс, Р. Коуз, Г. Менкью, М. Мотт, М. Портер, Л. Прусак, Д. Рикардо, М. Рол, П. Самуэльсон, А. Смит, Б. Франк, М. Фридмен, У. Шарп и др. Они оказали определяющее воздействие на формирование и развитие теории взаимодействия власти и бизнеса.

В отечественной экономической науке исследования в рамках государственно-частного партнерства и его воздействия на процессы модернизации экономики в современных условиях получили значительное развитие с 90-х гг. XX века. Значительный вклад в исследование данной проблемы внесли: Л.И. Абалкин, Р.Л. Акофф, Ш.М. Валитов, В.Г. Варнаровский, М.А. Дерябина, А.А. Зверев, А.Г. Зельднер, В.А. Кабашкин, В.Н. Кушлин, И.Н. Макаров, В.А. Мальгин, С.В. Мокичев, Р.М. Нуреев, Ф. Шамхалов, Л. Шарингер, А. Шаститко и др. Авторы рассматривают данную проблему с разных позиций.

Исследование проводилось на основе системного подхода с применением логического, экономического, статистического, социологического методов, а также методов классификации, экономико-математического моделирования, анализа документов и т.п.

Научная ценность работы заключается в комплексном исследовании нового для нашей науки и практики объекта – национальной системы оказания ВМУ в ее организационно-экономической составляющей в условиях рынка; разработке практические рекомендаций по совершенствованию развития бизнеса в системе ВМП с учетом современных тенденций развития российского здравоохранения.

Наиболее существенные результаты исследования, обладающие научной ценностью:

1. выявлены кластеры в системе ВМУ, которые практически не фигурируют ни в литературе, ни в нормативных правовых актах (негосударственное и частное здравоохранение, зарубежные медучреждения), но которые оказывают до 20–25% от общих объемов ВМП в стране;
2. рассмотрен опыт инновационных решений при совершенствовании механизмов ВМП для развития бизнеса в здравоохранении на базе технологии государственного-частного партнерства;
3. дано системное представление об организационной структуре ВМП (16 структурных составляющих) и показаны взаимодействия между ними. Показаны технологии включения лечебно-профилактических учреждений в состав системы ВМП и порядок направления граждан на получение ВМП. Показаны особенности и нерешенные проблемы в технологии планирования ВМП в России. Предложена интегрированная технология формирования госзаданий по объемам ВМП [3].

Литература

1. Шапиро Н.А., Каплина Ю.Е., Николаева Е.А. Отражение крупного города в онтологическом контенте экономической теории // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2013. – № 2. – С. 38.
2. Рыбальченко И.Е. Анализ типовых схем организации высокотехнологичной медицинской помощи // Здоровоохранение Российской Федерации. – 2011. – № 3. – С. 7–10.
3. Сергеева И.Г. Инструменты финансирования компаний малого и среднего бизнеса // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2013. – № 4. – С. 11.
4. Яковлева А.В., Серов С.И. Экономический анализ как метод обоснования управленческих решений // В сб.: Исследование инновационного потенциала общества и формирование направлений его стратегического развития 4-й Международной научно-практической конференции: в 2-х томах. – 2014. – С. 299–302.
5. Бляхман Л.С. Основные направления новой индустриализации в мезоэкономических секторальных комплексах // Проблемы современной экономики. – 2014. – № 2(50). – С. 7–19.



Жмылёв Сергей Александрович

Год рождения: 1992

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6111

Направление подготовки: 230100 – Информатика и вычислительная техника

e-mail: korg@cs.ifmo.ru

УДК 004.942

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ С ПОЛИМОДАЛЬНЫМИ ПОТОКАМИ

С.А. Жмылёв

Научный руководитель – д.т.н., профессор Т.И. Алиев

Математическое моделирование является мощным инструментом моделирования вычислительных узлов и компьютерных сетей. В качестве базовых моделей при математическом моделировании используются системы массового обслуживания. Характеристики такой системы зависят от функции распределения входного потока и функции распределения времени обслуживания заявок [1]. В силу того, что реальные распределения могут иметь произвольный характер, возникает необходимость представления их в математической форме для моделирования. На вход системы массового обслуживания можно подавать, например, табличные данные. Но это исключает возможность исследования поведения системы с учетом стохастичности входного потока. Также на основе результатов экспериментов с реальной системой можно построить гистограмму распределения входного потока, с помощью которой получать значения случайной величины. Однако такой подход требует массу вычислений, следовательно, неприемлем. Кроме того, такая гистограмма не является показательной, поскольку ее характер зависит от масштаба интервала между заявками, поэтому, при моделировании, переходят от представления распределения в виде гистограммы к представлению с помощью вероятностных моментов. Обычно

используются два вероятностных момента: математическое ожидание и коэффициент вариации, отражающий разброс распределения. Выбор распределения, используемого для замены реального, основывается на значении коэффициента вариации. При нулевом значении коэффициента вариации поток вырождается в детерминированный. Все остальные возможные значения коэффициента вариации перекрывают мультиэкспоненциальные распределения. Однако в реальных системах распределение потока может иметь полимодальный характер, т.е. состоять из двух или более мод. Такие распределения встречаются, например, в беспроводных сетях с множественным доступом по запросу. Поэтому возникает вопрос, к каким ошибкам моделирования приведет замена полимодального распределения на мультиэкспоненциальное.

Цель работы состояла в исследовании свойств и влияния полимодальных потоков на характеристики функционирования систем массового обслуживания. Достижение цели требует решения ряда задач:

1. построить модель самоподобного потока и проанализировать его свойства;
2. разработать имитационные модели полимодальных потоков и потоков со смещением;
3. реализовать аппроксимацию потоков по двум моментам и провести исследование свойств полученных распределений;
4. на основе результатов моделирования сформулировать выводы по расхождению результатов аппроксимации и определить область ее применения.

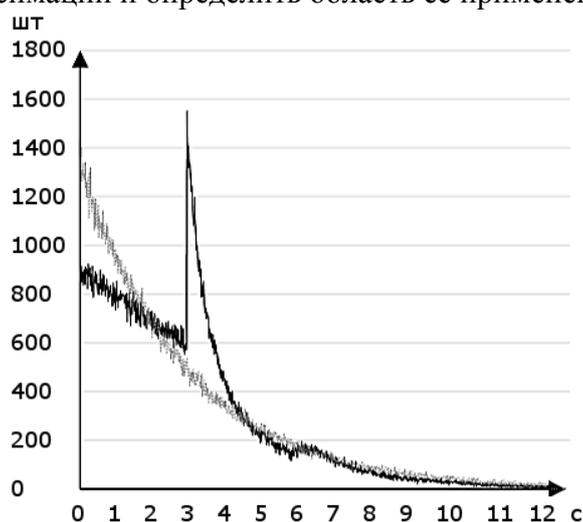


Рисунок. Самоподобное и экспоненциальное распределения

В середине XX века, гидрограф Херст, исследуя приливы и отливы, выявил свойство самоподобия. Это свойство означает одинаковый характер распределения самоподобного потока при его рассмотрении в различных масштабах времени. Количественной мерой самоподобия является коэффициент Херста. Распределение обладает самоподобием, если данная величина принимает значение больше 0,5. В литературе ведутся активные дискуссии эффекта самоподобия в контексте компьютерных сетей. В частности, Вильям Столлинкс в своей книге «Современные компьютерные сети» показывает, что для самоподобного потока режим перегрузки системы наступает уже при загрузке, близкой к 0,7 [2]. Иначе говоря, при простое в 30%, система испытывает перегрузки. Данный факт трудно объяснить, поэтому было принято решение провести исследование самоподобных потоков. В ходе этого исследования по известным способам [3] были построены модели самоподобного потока в средах моделирования GPSS и AnyLogic. Описанное влияние на характеристики систем массового обслуживания выявлено не было. Результаты моделирования совпали между собой с допустимой погрешностью, а полученный поток имел коэффициент Херста,

равный 0,89. Это свидетельствует о его самоподобии. Для сравнения на рисунке представлены функции самоподобного и экспоненциального распределений.

Видно, что функция распределения самоподобного потока имеет более пологую форму, однако наблюдается пик. Другими словами, функция распределения самоподобного потока состоит из двух мод – гипоекспоненциальной и гиперэкспоненциальной. Этот факт вызвал интерес к бимодальным и полимодальным распределениям.

Потоки, протекающие в реальных системах, обладают свойством последействия. Таким образом, каждое последующее значение случайной величины зависит от предыдущего. Традиционно используемый в моделировании экспоненциальный поток данным свойством не обладает. Поэтому, предварительно было рассмотрено смещенное экспоненциальное распределение. Данное распределение получено путем задержки классической экспоненты на величину смещения. В ходе исследования были рассмотрены двух- и трехмодовые распределения, моды которых заданы гипер- и гипоекспонентами. Структурно двухмодовое гиперэкспоненциальное распределение состоит из двух гиперэкспонент, одна из которых смещена на величину D , называемую далее межмодовым интервалом. Математическое ожидание такого распределения можно найти как сумму математических ожиданий этих двух составляющих. Коэффициент вариации результирующего распределения уменьшается с увеличением межмодового интервала. Результаты моделирования в AnyLogic и GPSS совпали между собой с допустимой погрешностью. Однако AnyLogic показал более точные результаты по сравнению с рассчитанными аналитически. Поэтому для дальнейшего исследования использовался только AnyLogic.

Выбор используемого для аппроксимации распределения основывается также на коэффициенте вариации. Для аппроксимации распределений с коэффициентом вариации, больше единицы, используется гиперэкспоненциальное распределение. Тогда как при значениях коэффициента вариации в интервале, от нуля до единицы, используется гипоекспоненциальное распределение. Для всех рассматриваемых распределений была произведена аппроксимация. Соответственно, для каждого аппроксимированного распределения были построены модели в среде AnyLogic.

Всего в ходе исследования было проведено 1350 экспериментов. Для всех полученных значений был рассчитан доверительный интервал с уровнем доверия 95%. В табл. 1 представлены полученные значения характеристик системы для одного набора параметров с входным потоком, имеющим полимодальное распределение. Значения, полученные для данной системы с входным потоком, имеющим аналогичное полимодальному мультиэкспоненциальное распределение, представлены в табл. 2.

Таблица 1. Полимодальное распределение

| Загрузка | U_1 | l_1 | $l_1(\max)$ |
|----------|-----------|------------|-------------|
| 0,3 | 1,93±1,24 | 0,46±0,007 | 11±0,035 |
| 0,7 | 9,14±1,3 | 1,96±0,04 | 26,2±0,154 |
| 0,95 | 77,5±24 | 17,45±3,16 | 134,8±13,8 |
| 0,98 | 354±175 | 80,4±69,7 | 335,4±306 |

Таблица 2. Мультиэкспоненциальное распределение

| Загрузка | U_2 | l_2 | $l_2(\max)$ |
|----------|------------|------------|-------------|
| 0,3 | 1,64±1,07 | 0,25±0,003 | 8±0,015 |
| 0,7 | 8,69±1,44 | 1,81±0,065 | 23,8±0,293 |
| 0,95 | 61,2±81,4 | 13,7±1,348 | 104,8±5,9 |
| 0,98 | 1279±74,88 | 291,5±8,58 | 829,6±37,5 |

В данном случае, представлены результаты для модели G/M/1, т.е. время обслуживания данной модели распределено по экспоненциальному закону. Также в ходе исследований, кроме модели G/M/1, все потоки рассматривались в модели G/D/1, время обслуживания которой есть детерминированная величина. Видно, что среднее время пребывания и средняя длина очереди монотонно растут с ростом загрузки. Интерес представляет то, что значение доверительного интервала для мультиэкспоненциального распределения меньше. Это объясняется тем, что мультиэкспоненциальное распределение имеет меньший разброс, следовательно, меньшее среднеквадратическое отклонение. Из табл. 3 видно, что наибольшее расхождение наблюдается для средней длины очереди, достигая значения 262% при загрузке 0,98.

Таблица 3. Расхождение величин

| Загрузка | Расхождение U | Расхождение l | Расхождение $l(\max)$ |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| 0,3 | 18% | 84% | 38% |
| 0,7 | 5% | 8% | 10% |
| 0,95 | 27% | 27% | 29% |
| 0,98 | 261% | 262% | 147% |

Абсолютные значения данных величин в области высокой загрузки больше для мультиэкспоненциальных распределений. Однако, при меньшей загрузке системы, эта зависимость обратна. Данный факт приводит к ошибкам выбора емкостей накопителей при проектировании систем с полимодальными потоками. Это, в свою очередь, приводит к потерям заявок [4]. Замена полимодальных распределений мультиэкспоненциальными может приводить к значительным отличиям результатов моделирования. Поэтому аппроксимация имеет большую ошибку.

Построенные имитационные модели самоподобного потока позволили выявить, что при нагрузке 0,7 режим перегрузки, описанный Вильямом Столлингсом, не наступает. Определена область применения аппроксимации. Аппроксимация применима для двухмодовых гипоекспоненциальных распределений в областях загрузки, менее 0,7. В таком случае ошибка аппроксимации не превышает 15%. В общем случае, расхождение результатов достигает 620%. Также выявлено, что коэффициент вариации композиции двух гиперэкспонент, каждая из которых имеет коэффициент вариации больше единицы, при несущественном взаимном влиянии мод принимает установившееся значение меньше единицы. Практическая значимость исследования заключается в следующем. Построенные имитационные модели можно использовать при проектировании беспроводных сетей с множественным доступом по запросу. Выявленные закономерности, не описанные ранее в литературе, могут быть использованы при построении систем с отложенной отправкой запросов.

Литература

1. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.
2. Столлингс В. Современные компьютерные сети. – СПб.: Питер, 2003. – 820 с.
3. Жмылёв С.А. Исследование свойств самоподобных потоков // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых. – 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kmu.ifmo.ru/collections_article/910/issledovanie_svoystv_samopodobnyh_potokov.htm, своб.
4. Жмылёв С.А. Повышение качества обслуживания веб-клиентов с использованием отложенной отправки запросов // Сб. трудов молодых ученых и сотрудников кафедры ВТ. – 2014. – № 5. – С. 7–11.



Жуков Максим Андреевич

Год рождения: 1992

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6110

Направление подготовки: 231000 – Программная инженерия

e-mail: fenderst11@gmail.com

УДК 004.627

МЕТОД ПРЕФИКСНОЙ ДЕДУПЛИКАЦИИ ДАННЫХ

М.А. Жуков

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.М. Дергачев

Проблема увеличения объемов данных является крупной и актуальной проблемой в инфраструктурах современных организаций. Использование решений направленных на сокращение объемов данных находят все большее применение, ввиду необходимости сокращения расходов на приобретение и поддержку систем хранения данных. Основным решением этой области является технология дедупликации, обеспечивающая устранение избыточности в наборах данных. Исторически сложилось, что большее развитие получили методы дедупликации использующие процедуру хеширования для определения наличия существующих объектов. Недостатками подобных решений являются необходимость борьбы с коллизиями хеш-функций, а так же большой объем метаданных, который требуется размещать в быстродействующей оперативной памяти для обеспечения производительности [1, 2]. Последний недостаток приводит к существенным ограничениям для использования дедупликации данных на малопроизводительных системах.

Целью работы являлась разработка метода дедупликации данных, лишённого основных недостатков существующих методов. Особенностью предложенного метода является выбор метаданных из частей самих обрабатываемых блоков данных, с последующим размещением выбранных частей в префиксном дереве. В работе были поставлены следующие задачи:

1. разработка метода дедупликации данных;
2. прототипирование предложенного метода;
3. экспериментальная оценка эффективности метода;
4. оптимизация метода и его реализации;
5. сопоставление полученных результатов с существующими аналогами.

Объектом исследования является методы сокращения объемов информации, предметом исследования – методы блочной дедупликации данных.

Научная новизна исследования заключается в разработке и научном обосновании эффективности принципиально нового метода блочной дедупликации данных. Особенностью разработанного метода является выбор метаданных из частей самих обрабатываемых блоков данных, с последующим размещением выбранных частей в префиксном дереве. Использование в качестве метаданных сегментов самих обрабатываемых блоков данных устраняет потребность в хешировании блоков данных, и, следовательно, необходимость хранения результатов хеш-функций.

Ввиду того, что характеристики дедупликации напрямую зависят от исходных данных, использование теоретических методов для исследования и

оценки метода неприемлемо. Поэтому в работе использованы эмпирические методы и методы математической статистики для анализа результатов экспериментов. В работе проведены эксперименты с помощью разработанного программного прототипа реализующего функционирование предложенного метода на различных наборах данных из инфраструктуры реального предприятия объемом от 240 ГБ до 1 ТБ.

Для апробации разработанного метода был произведен сравнительный эксперимент дедупликации данных на наборе данных из резервных копий гетерогенных систем. В ходе эксперимента производилось сохранение метаданных с шагом 16 ГБ дедуплицированных данных. Результаты занимаемого объема метаданных представлены в таблице вместе с объемом метаданных при применении хешевой дедупликации данных с использованием распространенных алгоритмов хеширования SHA-256, Tiger192. Представленные результаты эксперимента демонстрируют эффективность применения префиксной дедупликации данных в сравнении с существующими методами дедупликации. На 240 ГБ дедуплицированных данных объем метаданных меньше в 1,5 раза, чем объем метаданных при применении алгоритма с меньшим размером результата хеш-функции Tiger192.

Таблица. Сравнение изменения объема метаданных разных методов дедупликации

| Объем данных (ГБ) | Объем метаданных (МБ) | | |
|-------------------|-----------------------|---------|---------|
| | Префиксная | Хешевая | |
| | | Trie | SHA-256 |
| 16 | 988 | 1 280 | 1 024 |
| 32 | 1763 | 2 560 | 2 048 |
| 48 | 2 501 | 3 840 | 3 072 |
| 64 | 3 092 | 5 120 | 4 096 |
| 80 | 3 531 | 6 400 | 5 120 |
| 96 | 3 975 | 7 680 | 6 144 |
| 112 | 4 420 | 8 960 | 7 168 |
| 128 | 4 911 | 10 240 | 8 192 |
| 144 | 5 466 | 11 520 | 9 216 |
| 160 | 6 164 | 12 800 | 10 240 |
| 176 | 6 945 | 14 080 | 11 264 |
| 192 | 7 986 | 15 360 | 12 288 |
| 208 | 9 069 | 16 640 | 13 312 |
| 224 | 9 703 | 17 920 | 14 336 |
| 240 | 10 221 | 19 200 | 15 360 |

Неоднородность и неравномерность распределения количества значений в определенных позициях блоков данных оказывают влияние на объем метаданных, а также на скорость процесса за счет времени потраченного на обработку коллизий. В качестве критерия для построения последовательности обхода блока данных была выбрана величина коэффициента вариации (мера относительного разброса случайной величины, показывающая изменчивость относительно средней величины выборки) [3].

$$v[X] = \sigma[X] / M[X],$$

где $\sigma[X]$ – среднеквадратичное отклонение; $M[X]$ – математическое ожидание.

Алгоритм синтеза последовательности [4] состоит из следующих этапов:

1. определение необходимого объема данных для анализа;
2. анализ выбранного объема данных с учетом выбранных размеров блока и сегмента;
3. вычисление коэффициента вариации для каждой позиции сегмента в блоке;
4. сортировка пар (коэффициент вариации и номер позиции по возрастанию).

Для апробации влияния порядков обхода на характеристики процесса был произведен эксперимент применения различных порядков обхода (прямой, обратный, с чередованием сначала нечетных позиций, два случайно сгенерированных порядка обхода, синтезированная последовательность на основе коэффициента вариации, полученная на 4 ГБ, 16 ГБ, 1 ТБ).

На рисунке отображены результаты проведенного эксперимента.

Изменение объема метаданных

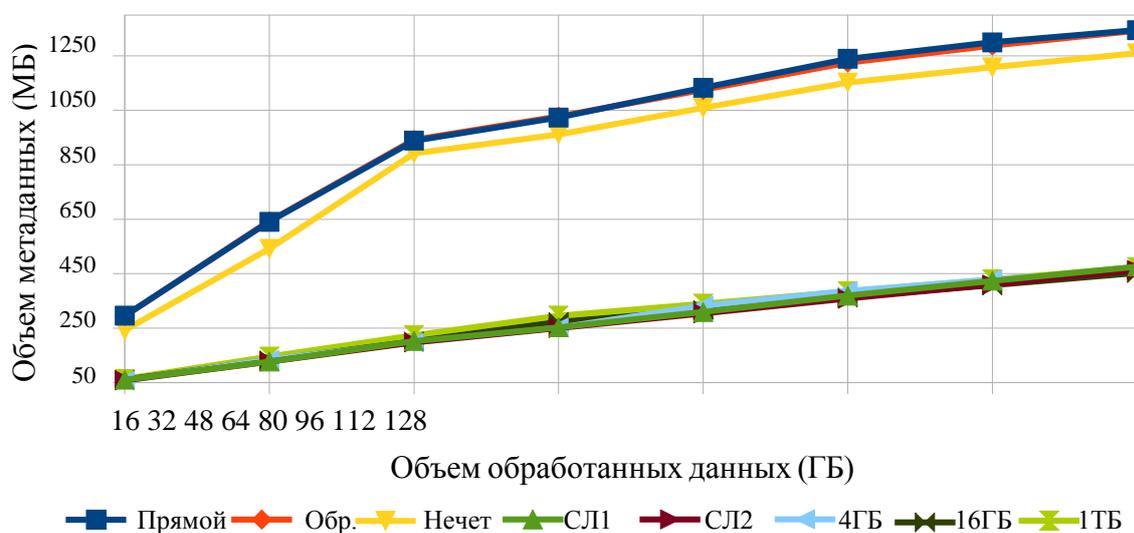


Рисунок. Изменение объема метаданных при разных порядках обхода

В конце эксперимента (на 128 ГБ) обработанных данных разница между худшим и лучшим результатом по критерию минимального требуемого объема метаданных составила почти 3 раза (452 МБ при использовании синтезированной последовательности из 16 ГБ против 1345 МБ при использовании прямого порядка обхода). Лучшими порядками обхода на данном наборе данных стали случайно сгенерированные порядки обхода. Ввиду отсутствия детерминированности и обоснованности выбора в полученных случайным образом последовательностях использование генератора случайных чисел для создания последовательности обхода блока данных не является приемлемым и универсальным средством. Экспериментально подтверждена эффективность использования синтеза последовательности, основанного на значениях коэффициента вариации значений в обрабатываемых блоках данных. В результате эксперимента на данном наборе данных использование метода префиксной дедупликации данных требует в 2,2 раза меньше памяти для хранения метаданных, чем при использовании классических подходов с использованием алгоритма хеширования Tiger192, и в 2,8 раза, чем при использовании алгоритма SHA-256.

В работе представлен метод ограничения минимального уровня префиксного дерева [5], позволяющий увеличить производительность процесса префиксной дедупликации за счет сокращения количества коллизий, возникающих на начальных уровнях дерева при его построении. Использование минимального

уровня префиксного дерева, равного 4, позволило сократить время процесса на 16%, увеличив объем метаданных на 40%. Суммарный объем метаданных составил 21,2 ГБ, что на 48% меньше, чем объем метаданных на этом же наборе данных при хешевом подходе с использованием алгоритма хеширования MD5 и на 35% меньше, чем при хешевом подходе с использованием алгоритма Tiger192.

В работе разработан и описан новый метод дедупликации данных, отличительной особенностью которого является выбор метаданных из частей самих обрабатываемых блоков данных, с последующим размещением выбранных частей в префиксном дереве. Приведены и проанализированы результаты 13 экспериментов префиксной дедупликации данных, которые подтверждают большую эффективность разработанного метода в сравнении с существующими решениями, использующими хеширование по критерию минимального объема метаданных. Определение и анализ влияния параметров процесса префиксной дедупликации данных позволяет осуществлять рациональную параметризацию процесса префиксной дедупликации. Приведенный в работе метод использования минимального уровня построения префиксного дерева позволяет повысить производительность процесса, за счет сокращения основных временных затрат в виде взаимодействия с системой ввода–вывода при обработке присущих методу префиксной дедупликации коллизий. Возможность дополнительного сокращения объема метаданных, путем различных модификаций уже сформированного префиксного дерева является уникальной отличительной особенностью разработанного метода, позволяющей добиться минимального объема метаданных, что также является актуальным при использовании дедупликации в области хранения архивных данных на автономных накопителях фиксированной емкости.

Цель работы – разработка метода дедупликации данных, лишённого основных недостатков существующих решений, достигнута. Успешно произведена апробация разработанного метода на множестве экспериментов, подтверждающая его эффективность. Были выполнены все поставленные задачи.

Метод префиксной дедупликации данных является эффективным решением в области дедупликации данных и перспективным с точки зрения использования и развития, и может быть использован в реализации дедупликации данных на системах с низкими аппаратными характеристиками, что позволяет увеличить долю использования данной технологии, а также снизить стоимость внедрения систем дедупликации данных в существующие инфраструктуры.

Литература

1. Щербинин А. Решения по дедупликации данных // Storage News. – 2008. – № 2(35) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://storagenews.ru/35/deduplicate_35c.pdf, свобод.
2. Черняк Л. Просто о сложностях дедупликации // Открытые системы. СУБД. – 2013. – № 3. – С. 54–55.
3. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.
4. Жуков М.А., Афанасьев Д.Б., Порядок построения префиксного дерева в системе бесхешевой дедупликации // Труды XXI Всероссийской научно-методической конференции Телематика'2014. – 2014. – С 167.
5. Жуков М.А., Афанасьев Д.Б. Анализ и оценка минимального уровня префиксного дерева в системе бесхешевой дедупликации // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. – Т. 15. – № 3. – С. 470–475.



Заколдаев Роман Алексеевич

Год рождения: 1992

Инженерно-физический факультет, кафедра лазерных технологий и лазерной техники, группа № 6232

Направление подготовки: 200500 – Лазерная техника и лазерные технологии

e-mail: zakoldaev@gmail.com

УДК 535.016

МИКРОСТРУКТУРИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ СТЕКЛА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ БЛИЖНЕГО ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА

Р.А. Заколдаев

Научный руководитель – к.т.н., доцент Г.Д. Шандыбина

Введение. Микроструктурирование поверхности стекла является одним из интенсивно развивающихся направлений в современных лазерных технологиях. Основу данного направления, в настоящее время, составляют расчет, проектирование, разработки технологий изготовления и исследование микрооптических элементов (МОЭ) и массивов из них, формируемых на поверхности различных материалов. Под массивами МОЭ, широко востребованными в таких быстро развивающихся областях как интегральная оптика, систем оптической связи, лазерная и медицинская техника и фотоника, подразумевается набор модифицированных областей, расположенных определенным образом и с определенным коэффициентом заполнения в пределах массива в зависимости от решаемой массивом задачи на поверхности оптического материала [1, 2].

Особое внимание следует уделить созданию МОЭ на поверхности силикатных стекол и других материалов традиционной оптики. При этом предпочтение следует отдавать плавленому кварцу, характеризующего высоким пропусканием и наибольшей, химической, термической и лучевой стойкостью [3].

В системах лазерной техники массивы МОЭ широко используются для преобразования интенсивности пучка лазера с гауссовым или неоднородным профилем распределения, характерным для многомодовых лазеров, в однородное с плоской вершиной. Для чего используют комбинацию массива микролинз (ММЛ) или случайной фазовой пластины (СФП) [1]. Известно, что гомогенизация высококогерентных лазерных пучков с использованием предложенных элементов приводит к возникновению массива пятен вместо однородного распределения в области гомогенизации. Таким образом, поиск и разработка новых подходов, например, нарушение регулярности и размеров МОЭ в массиве, для достижения, по меньшей мере, однородного распределения является перспективной задачей [2].

Первые попытки по формированию МОЭ на поверхности стеклообразных материалов с использованием ИК излучения ($\lambda=10,6$ мкм) были предприняты более 20 лет тому назад [4]. Процесс формирования МОЭ в таких технологиях был основан на термических эффектах, вызванных поглощением падающего излучения в приповерхностном слое стеклообразного материала. Для уменьшения размеров МОЭ было использовано излучение лазеров с длиной волны излучения УФ диапазона ($\lambda<0,3$ мкм), также относящееся к области фундаментального поглощения любого кремнесодержащего материала. Технологии модификации поверхности стекла, основанные на многофотонном поглощении лазерного излучения фемтосекундной

длительности импульса, и последующей модификацией, также были продемонстрированы.

В последние годы значительное внимание уделяется методам создания МОЭ на поверхности оптических материалов, которые основаны на сильном поглощении излучения лазера водным раствором неорганического или органического вещества, а также металла, контактирующего с тыльной стороной пластины стекла, прозрачной для излучения, проходящего сквозь нее [5]. Потенциал данных технологий необычайно высок, и, по-видимому, это связано с тем, что она позволяет создавать МОЭ с разрешением порядка 1 мкм, и с уровнем шероховатости не превышающим единицы нм.

Таким образом, разработка новых и усовершенствование уже существующих методов микроструктурирования стекла с использованием лазерных технологий и их тестирование являются актуальными.

Целью работы являлась разработка технологии лазерного микроструктурирования поверхности стекла и формирование широкого класса микрооптических элементов в том числе и массивов из них для лазерной техники.

Экспериментальная часть. Формирование заданного рельефа поверхности, осуществлялось на макете экспериментальной установки, схема которой приведена на рис. 1, а. В качестве источника излучения использовался иттербиевый волоконный лазер, длина волны излучения 1,064 мкм, длительность импульса от 50–200 нс, частота следования импульсов 20–100 кГц. Излучение лазера в плоскости формирования структур позиционировалось с помощью 2-х координатного сканатора на базе приводов G325DT «GSI Lumonics». Излучение лазера по оптическому волокну подводилось к коллиматору (1), расширяющему лазерный пучок с 50 мкм до 3 мм, за которым располагались зеркала сканирующей системы (2) и (3), поворот которых шаговыми двигателями обеспечивал перемещение лазерного пучка по координатам X и Y . После сканирующей системы излучение фокусировалось объективом с фокусным расстоянием ~ 210 мм (4) в плоскости контакта тыльной поверхности стекла (5) с пластиной из прессованного графита (6). Образец стекла вместе с пластиной прессованного графита закреплялся на неподвижном столе. Синхронизация и управление характеристиками лазерного излучения, двигателями сканаторов, а также положением перетяжки пучка осуществлялось через персональный компьютер. Следует отметить, что пластины стекла (кварцевое стекло, пористое стекло) практически полностью прозрачны ($\tau \sim 0,96$) для длины волны лазерного излучения, а поглощательная способность прессованного графита в широком диапазоне длин волн близка к 1.

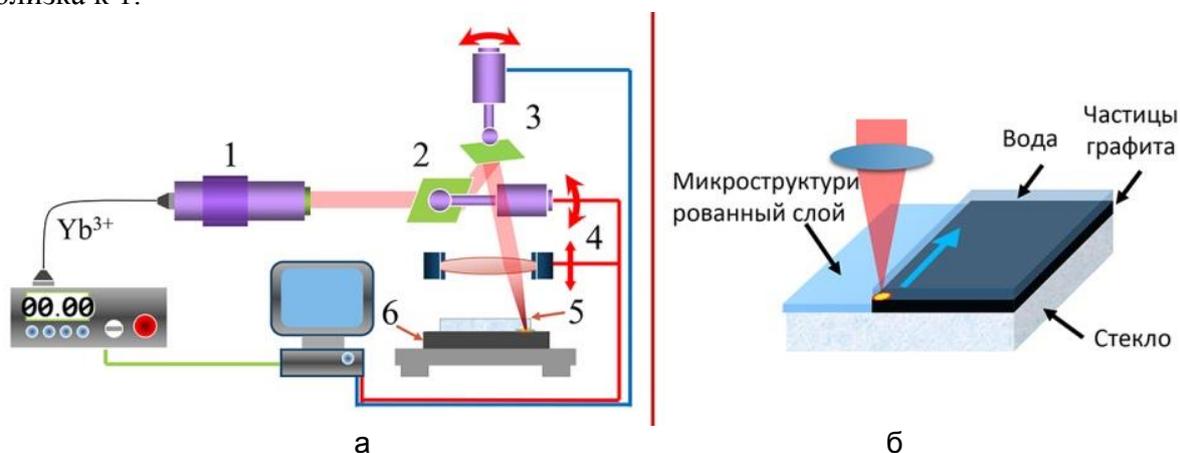


Рис. 1. Базовая экспериментальная установка для микроструктурирования стеклообразных материалов (а); этап очистки пластины стекла от частиц графита (б)

После формирования микроструктуры поверхность пластины стекла целиком или частично была покрыта, осевшими на нее в процессе облучения, частицами графита. Очистка поверхности пластины стекла от этих частиц производилась на том же макете установки, но при других режимах облучения (рис. 1, б). Лазерное излучение фокусировалось на загрязненную структурированную поверхность стекла, непосредственно перед лазерной очисткой покрываю слоем дистиллированной воды.

Для контролирования расположения МОЭ в массиве и их размеров предварительно разрабатывался шаблон на компьютере. Формирование МОЭ происходило на тыльной стороне пластины стекла в области, где лазерное излучение прерывалось. Подобрать режимы лазерной обработки (мощность излучения, скорость сканирования, длительность импульса и частоту следования импульсов) удалось избежать формирования выколов и трещин на поверхности стекла, в области обработки.

Представления о предполагаемом механизме микроструктурировании стекла. При сканировании сфокусированного пучка лазерного излучения в плоскости контакта стекла и прессованного графита происходил нагрев пластины прессованного графита, разрушение и формирование плазменного факела. Модификация тыльной стороны пластины стекла индуцируется энергией плазменного факела, происходит разогрев стекла до температуры, выше температуры размягчения, как результат изменение рельефа поверхности.



Рис. 2. Процесс микроструктурирования стекла

В ходе экспериментов на поверхности пластины стекла, соприкасающейся с пластиной прессованного графита, наблюдалось возникновение частиц пенографита – высокоуглеродного соединения, характеризуемого низкой плотностью. На рис. 2 приведена фотография процесса микроструктурирования поверхности пластины стекла с частицами пенографита. Известно, что преобразование графита в пенографит происходит при нагреве с высокой скоростью до температур $T=1000\pm 100^\circ\text{C}$.

- Формирование массивов микролинз. Полученные ММЛ с диаметром микролинз $d_{ML}=50-500$ мкм и периодом размещения $t=10-1000$ мкм. На рис. 3 представлены фотографии фрагмента ММЛ в отраженном и линейно-поляризованном свете.

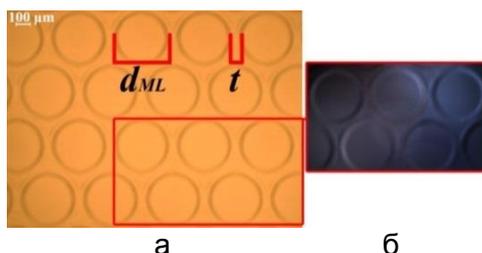


Рис. 3. Фотография фрагмента ММЛ в отраженном (а) и линейно-поляризованном свете (б)

Проведенные исследования основных оптических характеристик позволили установить следующее:

1. числовая апертура $NA=0,0025-0,0057$ соответствует микролинзам с $d_{ML}=150-400$ мкм и фокусным расстоянием $f_{ML}=30-35$ мм;
2. наименьшее фокальное пятно $d_f=90\pm 10$ мкм, что больше теоретических расчетов;
3. в результате микрообработки с использованием ММЛ тонкой пленки титана ($h=60$ нм) удалось сформировать массив отверстий с размером ~ 10 мкм.

– Формирование случайных фазовых пластин. Элемент, меняющий распределение интенсивности лазерного излучения в фокальной плоскости коллективной линзы, называется случайной фазовой пластиной (СФП). Было предложено записать данный элемент на поверхности кварцевого стекла. На рис. 4 приведена фотография фрагмента СФП, выполненная в отраженном и линейно-поляризованном свете.

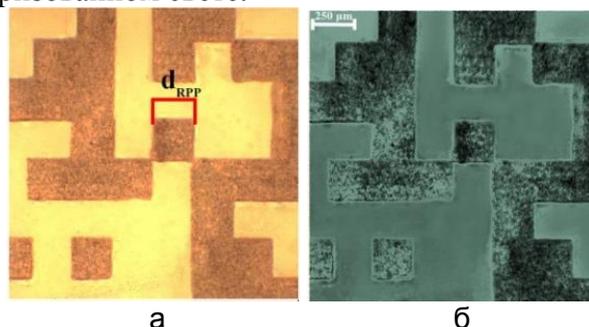


Рис. 4. Фотография фрагмента СФП в отраженном (а) и линейно-поляризованном свете (б)

– Формирование дифракционных фазовых решеток (ДФР). Были созданы ДФР на плавленном кварце с периодом от 55 до 400 мкм и глубиной рельефа 0,2–1,3 мкм. Геометрические и морфологические характеристики ДФР были исследованы на оптическом микроскопе (рис. 5, а) и на профилометре (рис. 5, б–г).

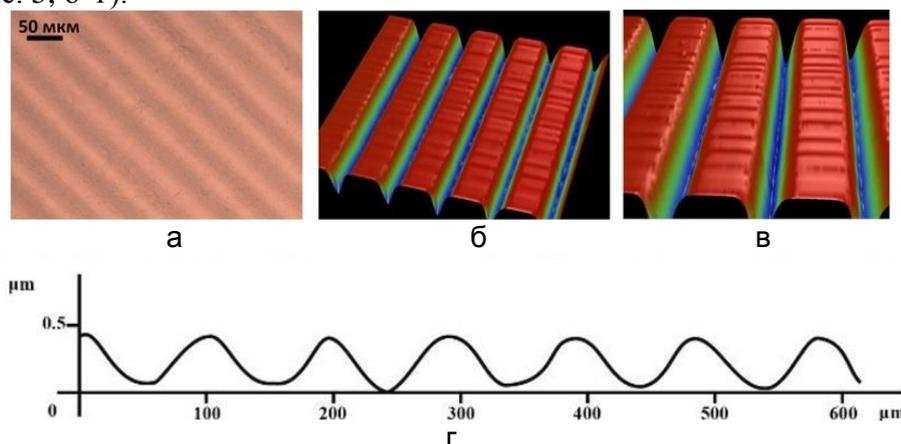


Рис. 5. Фрагмент ДФР: в отраженном свете (а); профилограмма (б–г)

Заключение. Предложенная технология подходит для формирования широкого класса микрооптических элементов. Длительность создания любого из перечисленных выше массивов МОЭ площадью 10×10 мм², включая этап формирования и очистки, в целом варьировалась от 1 до 10 мин. Исследованы основные оптические характеристики сформированных элементов. Сформированные массивы МОЭ протестированы в схемах одновременной лазерной обработки и гомогенизации неоднородного лазерного излучения. К сожалению, возникает проблема при описании

процессов, протекающих при воздействии лазерного излучения с наносекундной длительностью импульса на поверхность прессованного графита. Поэтому для выявления ключевых процессов, протекающих при воздействии лазерного излучения с графитом, возникает необходимость в проведении экспериментов и построении модели, коррелирующей с экспериментальными данными.

Литература

1. Dickey F.M., Laser Beam Shaping: Theory and Techniques. – 2nd edition. – CRC Press, 2015. – 559 p.
2. Cumme M., Deparnay A. From regular periodic micro-lens arrays to randomized continuous phase profiles // Advanced Optical Technologies. – 2015. – V. 4. – P. 47–61.
3. Лeko B.К., Мазурин O.В., Варшал Б.Г. Свойства кварцевого стекла. – Л.: Наука, 1985. – 166 с.
4. Veiko V.P., Yakovlev Y.B. Physical fundamentals of laser forming of micro-optical components // Optical engineering. – 1994. – V. 33. – P. 3567–3571.
5. Wang J., Niino H., Yabe A. Micromachining of quartz crystal with excimer lasers by laser-induced backside wet etching // Applied physics A. – 1999. – V. 69. – P. S271–S273.



Золов Павел Дмитриевич

Год рождения: 1992

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра электротехники и прецизионных электромеханических
систем, группа № 6166

Направление подготовки: 140400 – Электроэнергетика
и электротехника

e-mail: pavel_1406@mail.ru

УДК 681.5.01: 681.537

ИССЛЕДОВАНИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХФАЗНОГО АКТИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В УСЛОВИЯХ НЕИДЕАЛЬНОГО СЕТЕВОГО НАПРЯЖЕНИЯ

П.Д. Золов

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

В условиях роста энергопотребления особо остро стоят вопросы, связанные с потреблением неактивной составляющей энергии, которая не преобразуется в другие виды, но влияет на пропускную способность линий электропередач. В связи с бурным развитием силовой электроники появилась возможность в построении активных преобразователей, позволяющих потреблять электроэнергию с высоким коэффициентом мощности (выше 0,95). Отдельными представителями являются активный выпрямитель, теоретическое описание которого представлено в [1], а также однофазный активный корректор мощности [2]. С помощью активного выпрямителя также осуществляется задача двустороннего обмена энергией с сетью. Этот вопрос актуален для систем электропривода, где электромеханический преобразователь в купе с широтно-импульсным преобразователем способны обеспечить четырехквadrантное управление приводом. В данной работе разработано математическое описание активного выпрямителя на основе анализа переходных процессов в системе. В

основном, анализ работы активного выпрямителя производится в среде симуляции и моделирования физических систем, одним из примеров которых является Simulink SimPowerSystems. Рассмотренная же в работе методика позволяет проводить анализ работы активного выпрямителя без привязки к системам моделирования физических систем.

Целью работы являлось исследование влияния неидеального напряжения питающей сети на энергетические характеристики активного выпрямителя напряжения.

Это потребовало решения следующих задач:

- разработка математического описания электромагнитных процессов в активном выпрямителе стенда;
- разработка математической модели активного выпрямителя для лабораторного стенда и его системы управления на основе синтезированной системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) для синхронизации с первой гармоникой сетевого напряжения;
- построение внешней вольт-амперной характеристики активного выпрямителя для лабораторного стенда;
- анализ энергетических характеристик активного выпрямителя в условиях неидеально сетевого напряжения.

Прямое подключение нагрузки подразумевает включение RC цепи (емкости звена постоянного тока и нагрузки) плюсовой клеммой конденсатора к замкнутым между собой фазам, обратное подключение нагрузки – соответственно минусовой клеммой конденсатора (табл. 1).

Таблица 1. Комбинации ключей в схеме управления активным выпрямителем

| | Нагрузка в фазе А | Нагрузка в фазе В | Нагрузка в фазе С |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Прямое подключение нагрузки | 011 | 101 | 110 |
| | 100 | 010 | 001 |
| Обратное подключение нагрузки | 100 | 010 | 001 |
| | 011 | 101 | 110 |

Комбинация, при которой все ключи закрыты – не рассматривается, так как схема в этом состоянии представляет собой обычный 6-пульсный неуправляемый выпрямитель. Комбинации, где открыты все верхние либо все нижние ключи должны игнорироваться, так как это подразумевает короткое замыкание между тремя фазами.

Характеристическое уравнение цепи описывается следующим уравнением:

$$R\phi + pL\phi + \frac{R\phi + pL\phi}{2} + \frac{R_n}{1 + R_n C_p} = 0.$$

Решая уравнения 3-го порядка, получаем выражения для напряжения и тока в конденсаторе и токов и напряжений в сетевых индуктивностях:

$$\begin{cases} A_1 + A_2 + A_3 + U_{уст.}(0) = U_{конд.}(0) \\ C(A_1 p_1 + A_2 p_2 + A_3 p_3 + \dot{U}_{уст.}(0)) = I_{конд.}(0_+) \\ C(A_1 p_1^2 + A_2 p_2^2 + A_3 p_3^2 + \ddot{U}_{уст.}(0)) = \dot{I}_{конд.}(0_+) \\ A_4 + A_5 + A_6 + I_{сет.уст.1}(0) = I_{сет.инд.1}(0) \\ L(A_4 p_1 + A_5 p_2 + A_6 p_3 + \dot{I}_{сет.уст.1}(0)) = U_{сет.инд.1}(0_+) \\ L(A_4 p_1^2 + A_5 p_2^2 + A_6 p_3^2 + \ddot{I}_{сет.уст.1}(0)) = \dot{U}_{сет.инд.1}(0_+) \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_7 + A_8 + A_9 + I_{\text{сет.уст.2}}(0) = I_{\text{сет.инд.2}}(0) \\ L(A_7 p_1 + A_8 p_2 + A_9 p_3 + \dot{I}_{\text{сет.уст.2}}(0)) = U_{\text{сет.инд.2}}(0_+) \\ L(A_7 p_1^2 + A_8 p_2^2 + A_9 p_3^2 + \dot{I}_{\text{сет.уст.2}}(0)) = \dot{U}_{\text{сет.инд.2}}(0_+) \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_{10} + A_{11} + A_{12} + I_{\text{сет.уст.3}}(0) = I_{\text{сет.инд.3}}(0) \\ L(A_{10} p_1 + A_{11} p_2 + A_{12} p_3 + \dot{I}_{\text{сет.уст.3}}(0)) = U_{\text{сет.инд.3}}(0_+) \\ L(A_{10} p_1^2 + A_{11} p_2^2 + A_{12} p_3^2 + \dot{I}_{\text{сет.уст.3}}(0)) = \dot{U}_{\text{сет.инд.3}}(0_+). \end{cases}$$

Для достижения энергетической эффективности преобразователями на основе трехфазных активных выпрямителей напряжения (АВН) на систему управления трехфазным АВН возлагается ряд задач, решение которых связано с необходимостью нахождения фазы или фазовой синхронизацией. В связи с этим в информационной подсистеме преобразователя необходимо обеспечивать ФАПЧ для синхронизации с фазой и частотой первой гармоники фазового напряжения [3]. Построение системы ФАПЧ описано в [4].

Лабораторный стенд представляет собой модуль АВН, трехфазный автотрансформатор, управляющий компьютер и специализированное программное обеспечение. Реализация алгоритмов выполнена на компьютере, в среде Simulink, при помощи ядра реального времени Simulink Desktop Real Time, которая позволяет выполнять обработку алгоритмов в режиме реального времени с частотой дискретизации до 1 кГц. Компьютер и управляющая плата связаны между собой по интерфейсу CAN.

Модуль АВН (рис. 1) включает в себя силовую и управляющую плату. На силовой плате размещен интеллектуальный модуль силовой модуль IGBT PS21997-4, конденсатором ЗПТ, и датчиками напряжения и тока. Управляющая плата базируется на цифровом сигнальном процессоре Texas Instruments TMS320F8335. Также на ней расположены масштабирующие усилители и фильтры аналоговых сигналов, а также приемопередатчик CAN.



Рис. 1. Модуль АВН

Был поставлен опыт по проверке работы ФАПЧ на лабораторном стенде (рис. 2).

Для анализа качества работы модели системы при несинусоидальном питающем напряжении был определен гармонический состав сетевого тока и сравнен с таблицей значений допустимых гармонических составляющих в ГОСТ Р 51317.3.2-2006 [5].

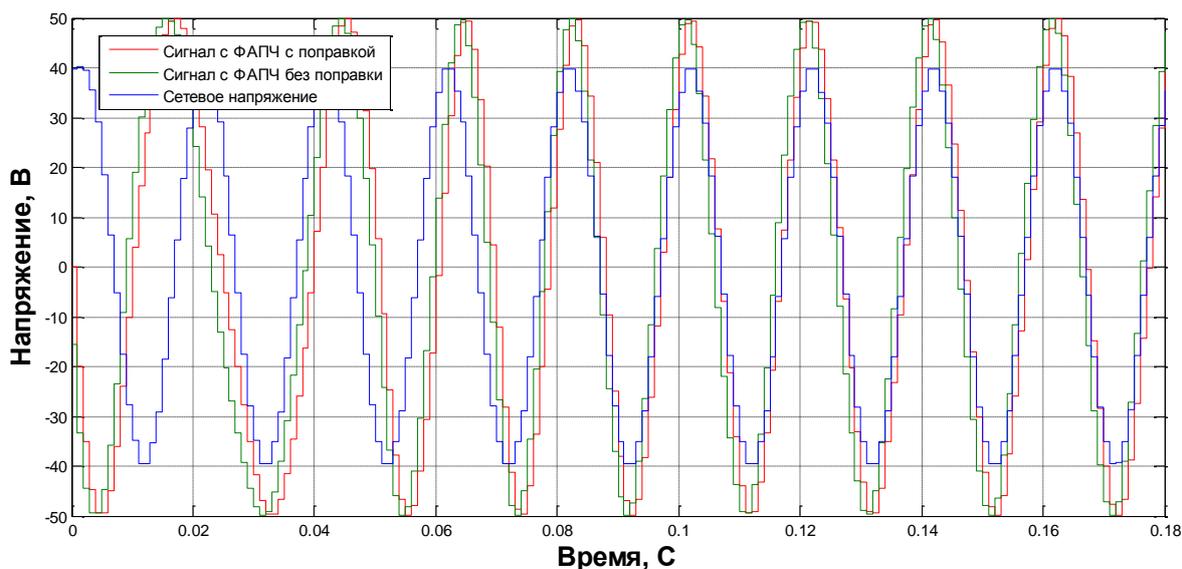


Рис. 2. Сетевое напряжение (синий график); сигнал с поправкой (красный график); сигнал без поправки (зеленый график)

Таблица 2. Энергетические характеристики работы активного выпрямителя в условиях несинусоидального питающего напряжения с содержанием гармоник, превышающих показатели, описанные в ГОСТ Р 54149-2010 на 20%

| Pd, Вт | Pulse, % | P, Вт | Q, ВАР | P1, Вт | Q1, ВАР | S, ВА | T | KgDv | KgDi | cosfi | η |
|--------|----------|-------|--------|--------|---------|-------|------|------|------|-------|--------|
| 519,6 | 7,1 | 591,2 | 173,2 | 590,3 | 171,14 | 621,2 | 90,2 | 0,14 | 0,06 | 0,95 | 0,87 |
| 412 | 5,1 | 455,8 | 42,3 | 455,5 | 40,9 | 462,0 | 65,2 | 0,14 | 0,04 | 0,99 | 0,91 |
| 313,7 | 4,6 | 342,7 | 15,8 | 341,8 | 15 | 345,9 | 50,6 | 0,14 | 0,06 | 0,99 | 0,92 |
| 207,6 | 3,9 | 222,5 | 8,6 | 221,9 | 8,3 | 225,1 | 36,8 | 0,14 | 0,09 | 0,99 | 0,92 |
| 106,9 | 3,3 | 114,4 | 4,6 | 113,4 | 4,3 | 116,7 | 26,9 | 0,14 | 0,19 | 0,98 | 0,95 |
| 34,5 | 1,2 | 40,2 | 0 | 39,7 | 0 | 45,3 | 21,8 | 0,14 | 0,5 | 0,88 | 0,86 |

Были решены следующие задачи:

1. разработано математическое описание электромагнитных процессов в активном преобразователе, работающем на активную нагрузку при подключении к симметричной питающей сети. Проведено моделирование в MATLAB/Simulink, подтверждающее верность аналитического описания с учетом принятых допущений. Полученные выражения дают возможность исследовать влияние коммутационных процессов на сетевые токи, а также напряжение и ток в звене постоянного тока;
2. разработана математическая модель активного выпрямителя для лабораторного стенда в среде MATLAB/Simulink, произведен анализ энергетических параметров устройства в условиях неидеального питающего напряжения. Получена вольт-амперная характеристика стенда со стороны звена постоянного тока, а также графики коэффициента мощности и пульсаций напряжения в звене постоянного тока. Также получены данные о спектральном составе потребляемого тока в условиях синусоидального и несинусоидального сетевого напряжения;
3. был реализован лабораторный стенд, а также произведен расчет и реализация датчиков тока и напряжения для измерения сетевых токов и напряжений, а также напряжения в звене постоянного тока;
4. проведен синтез системы ФАПЧ для системы управления активным преобразователем, осуществляющей синхронизацию с первой гармоникой

сетевого напряжения. На лабораторном стенде проведено испытание синтезированной системы ФАПЧ с использованием элементов системы быстрого прототипирования кафедры ЭТиПЭМС Университета ИТМО, доказавшее ее работоспособность.

В дальнейшем, актуальным направлением развития данной работы является расширение математического описания активного выпрямителя, с целью учета несимметричного характера питающей сети и индуктивного характера нагрузки в звене постоянного тока, а также исследование работы лабораторного стенда активного выпрямителя в купе с электроприводом, с управлением от широтно-импульсного преобразователя.

Литература

1. Булгаков А.А. Новая теория управляемых выпрямителей. – М.: Наука, 1970. – 320 с.
2. Grigore V. Topological issues in single-phase power factor correction. – Helsinki University of Technology Department of Electrical and Communications Engineering. – 2001 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lib.tkk.fi/Diss/2001/isbn9512257351/isbn9512257351.pdf>, свобод.
3. Борисов П.А., Седнев А.К. Математическое моделирование электропривода постоянного тока с активным выпрямителем // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2010. – № 3 (61). – С. 35–41.
4. Абдуллин А.А., Поляков Н.А. Синтез системы фазовой автоподстройки частоты для трехфазного активного выпрямителя напряжения // Изв. вузов. Приборостроение. – 2013. – Т. 56. – № 12. – С. 38–43.
5. ГОСТ Р 51317.3.2-2006. Совместимость технических средств электромагнитная. Эмиссия гармонических составляющих тока техническими средствами с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе). Нормы и методы испытаний. – Введен 01.07.2007. – М.: Стандартинформ, 2007. – 28 с.



Иваненко Александр Олегович

Год рождения: 1991

Факультет компьютерных технологий и управления, кафедра систем и технологий техногенной безопасности, группа № 6680

Направление подготовки: 20100 – Приборостроение

e-mail: ivanenko@diakon.com

УДК 67.02

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «ВИНТ» РОЛИКОВИНТОВОЙ ПЕРЕДАЧИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.О. Иваненко

Научный руководитель – к.т.н., профессор М.Е. Федосовский

В условиях современной рыночной экономики вывод новой высокотехнологичной продукции на рынок связан с определенными трудностями. Для выпуска конкурентоспособной продукции необходимо удовлетворять сразу двум, казалось бы, противоречащим друг другу требованиям:

- продукт должен обладать высоким уровнем качества;
- цена продукта должна быть не выше среднерыночной.

Один из возможных путей повышения конкурентоспособности продукта – снижение производственных издержек, происходящее одновременно с повышением качества выпускаемой продукции. Такая оптимизация возможна за счет нескольких факторов, среди которых хочется особо выделить применение высокопроизводительных прогрессивных способов обработки и рациональную организацию технологических и производственных процессов.

В работе рассмотрено проектирование технологического процесса изготовления ответственных деталей высокопрецизионной электроприводной техники нового поколения – электромеханических преобразователей (ЭМП) линейного типа. Особое внимание уделяется обоснованию и последующему внедрению высокопроизводительных способов обработки. Основные принципы проектирования рассматриваются на примере разработки технологического процесса изготовления детали «Винт», входящей в состав наиболее ответственного узла ЭМП – роликвинтовой передачи (РВП). Следует отметить, что речь идет об организации серийного производства, что накладывает определенные ограничения на применяемые способы обработки. Данный фактор непременно должен учитываться при проектировании технологических процессов.

Цель работы заключалась в проектировании технологического процесса изготовления ответственной детали РВП с целью повышения эксплуатационных характеристик и одновременного снижения производственных издержек. В ходе написания работы решались следующие задачи:

- выбор на основе анализа существующих способов обработки оптимального способа изготовления детали «Винт» по критерию минимизации себестоимости при требуемых эксплуатационных характеристиках;
- разработка конструкторской и технологической документации;
- выбор параметров операций спроектированного технологического процесса.

Данная работа была выполнена на базе производственной площадки ЗАО «Диаконт» в рамках выполнения комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства с участием российского высшего учебного заведения по теме: «Создание высокотехнологичного производства прецизионных быстродействующих силовых электромеханических приводов нового поколения». Разрабатываемая линейка прецизионных быстродействующих силовых ЭМП предназначена для управления положением исполнительных устройств – клапанов, запорной арматуры, механических регулирующих устройств, систем автоматизации технологических процессов, манипуляторов, и т.п. Рассмотренные в работе принципы могут быть применены при проектировании технологических процессов изготовления ответственных деталей, применяемых в различных отраслях промышленности.

Выбранная тема является актуальной, так как в настоящее время ведутся работы по организации серийного производства. Оптимизация производственных процессов должна выполняться именно на данной стадии, в дальнейшем проведение изменений представляется крайне затруднительным.

Новизна работы заключается в разработке методики выбора конструкционного материала, в разработке последовательности операций технологического процесса, основанной на требованиях высокой производительности и минимизации себестоимости изготовления. Только

всесторонне тщательное изучение различных аспектов технологического процесса позволяет достигнуть требуемого результата.

В данной работе были рассмотрены основные принципы проектирования технологических процессов изготовления высокоточных ответственных деталей с применением современных высокопроизводительных способов обработки. Рассмотрение проводилось на примере проектирования технологического процесса изготовления детали «Винт», являющейся ответственной деталью РВП.

К настоящему времени разработано большое количество различных РВП, однако на практике применяется лишь малая часть конструкций, обладающих наилучшими эксплуатационными характеристиками и относительной простотой изготовления. Можно отметить, что во всех вариантах исполнения в РВП присутствуют винт, гайка и комплект резьбовых роликов. Все возможные варианты передач, применяемых на практике, можно разделить на группы. В работе рассмотрена классификация, присущая роликвинтовым передаточным механизмам, которая основана на делении на группы по способу преобразования вращательного движения винта в поступательное движение гайки. Всего выделяют три группы: РВП с короткими роликами, РВП с длинными роликами, РВП с рециркуляцией роликов.

На примере технологического процесса был рассмотрен возможный способ обоснования целесообразности применения высокопроизводительных способов обработки. В конкретном рассматриваемом случае применение предложенных мероприятий является целесообразным. Срок окупаемости капитальных вложений составит 1 год и 3 месяца, на протяжении остального срока реализации проект будет приносить прибыль.

Подобное обоснование должно выполняться для каждого конкретного случая, что позволяет гарантировать применение оптимального решения. В условиях жесткой конкуренции и рыночной экономики обоснование экономической целесообразности принятых решений играет все более и более важную роль.

С целью оптимизации технологического процесса изготовления детали «Винт» были предложены мероприятия следующие мероприятия:

- применение комплексной токарно-зубофрезерной обработки;
- выбор подходящей марки материала;
- применение высокопроизводительных способов ВНР и ИПА и вакуумной термической обработки.

Все мероприятия были тщательно проанализированы и опробованы на практике в ходе освоения серийной технологии изготовления детали «Винт». Особенности применения предложенных мероприятий на практике подробно описаны в работе. При проектировании технологических процессов изготовления прочих ответственных деталей вышеописанные принципы и размышления могут быть использованы в качестве основополагающих. Высокопроизводительные способы обработки, описанные в работе, должны быть использованы для изготовления типовых изделий, используемых в схожих условиях эксплуатации, либо при схожих требованиях к характеристикам изделий.

Актуальность выполненной работы подтверждается проведением в настоящее время комплекса работ по организации серийного производства. Оптимизация производственных процессов должна выполняться именно на данной стадии проведения работ, в дальнейшем проведение изменений представляется крайне затруднительным.

Новизна работы заключается в разработке методики выбора конструкционного материала, в разработке последовательности операций

технологического процесса, основанной на требованиях высокой производительности и минимизации себестоимости изготовления.

Литература

1. Козырев В.В. Конструкции роликвинтовых передач и методика их проектирования: учеб. пособие. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2004. – 100 с.
2. Павлов Б.И. Шариквинтовые механизмы в приборостроении: учеб. пособие. – Л.: Машиностроение, 1986. – 134 с.
3. Соколов П.А., Ряховский О.А. и др. Кинематика планетарных роликвинтовых механизмов // Вестник МГТУ имени Баумана. Сер. Машиностроение. – 2005. – № 1(59). – С. 3–15.
4. Блинов Д.С. Планетарные роликвинтовые механизмы. Конструкции, методы расчетов: науч. изд-е. – М.: МГТУ им. Баумана, 2006. – 222 с.
5. Сысоев С.К., Сысоев А.С., Левко В.А. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов: учеб. пособие. – СПб.: Лань, 2011. – 352 с.
6. Валетов В.А., Кузьмин Ю.П., Орлова А.А., Третьяков С.Д. Технология приборостроения: учеб. пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. – 336 с.
7. Валетов В.А., Мурашко В.Б. Основы технологии приборостроения: учеб. пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2006. – 180 с.
8. Шишмарев Ю.В. Автоматизация технологических процессов: учеб. пособие. – М.: Академия, 2005. – 352 с.
9. Жуков Э.Л., Козарь И.И., Мурашкин С.Л. и др. Технология машиностроения: в 2 кн. Кн. 2. Производство деталей машин: учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 2003. – 295 с.
10. Яхунин В.Г. Высокотехнологичные методы металлообработки: учебник для вузов. – М.: МГИУ, 2011. – 362 с.
11. Гречишников В.А., Косарев В.А. Исследование обработки внутренних поверхностей с планетарным движением инструмента // Вестник МГТУ «Станкин». – 2009. – № 1(5). – С. 9–12.
12. Смирнов М.А., Счастливец В.М., Журавлев Л.Г. Основы термической обработки стали: учеб. пособие. – Екатеринбург: УрО РАН, 1999. – 494 с.
13. Ионно-плазменное азотирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.equipnet.ru/articles/tech/tech_447.html, своб.
14. Иваненко А.О. Особенности оценки экономической эффективности применения высокопроизводительных способов обработки при изготовлении ответственных деталей роликвинтовых передач // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых. – Вып. 3. – 2014. – С. 63.
15. Иваненко А.О., Уваров М.М. Оптимизация параметров технологической операции токарной обработки деталей типа «вал» с целью снижения себестоимости изделия // Перспективы науки. – 2014. – № 11(62). – С. 117–124.
16. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. – Т. 2. / Под ред. А.Г. Косиловой. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.
17. Машиностроение. Толковый словарь терминов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.sl3d.ru/slovar/a/894-azotirovanie.html, своб.
18. Фещенко В.Н. Обработка на токарно-револьверных станках: учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1979. – 143 с.
19. BS EN 10027-2:1992. Designation systems for steels. Part 2: Steel numbers. – Введ. 20.12.1991. – 14 с.



Колодезный Евгений Сергеевич

Год рождения: 1992

Инженерно-физический факультет, кафедра светодиодных технологий, группа № 6330

Направление подготовки: 200400 – Опотехника

e-mail: e.kolodeznyy@gmail.com

УДК 536.212

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МОЩНЫХ СВЕТОДИОДНЫХ СБОРОК

Е.С. Колодезный

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор А.Е. Романов

Работа выполнена в рамках тем НИР: № 713565 «Новые материалы для светодиодных технологий и моделирование тепловых и оптических свойств светодиодных устройств видимого и УФ диапазонов» и № 610539 «Исследование и разработка оптоэлектронных систем контроля продукции и методов повышения ее качества».

Главное препятствие для эффективного отвода тепла от люминофорсодержащего слоя (ЛСС) к охлаждающей системе мощной светодиодной сборки (МСС) общей мощностью около 10 Вт – это низкая теплопроводность (около 0,2 Вт/(м·К)) силиконового геля, обычно используемого в ЛСС в качестве инкапсулянта (матрицы) для частиц люминофора. Потери электрической и оптической энергии, связанные с безызлучательной рекомбинацией зарядов в активной области, сдвигом Стокса, безызлучательными переходами и уменьшением времени оптических переходов, преобразуются в тепло [1]. Это способствует повышению температуры в ЛСС и может привести к таким нежелательным явлениям, как смещение спектральных пиков, падению оптической эффективности, изменению в цвете и др. [2]. Один из способов решения данной проблемы – это использование стекла в качестве матрицы для частиц люминофора. Поскольку стекло обладает теплопроводностью около 2 Вт/(м·К), теплообмен между ЛСС и подложкой светодиода может быть существенно улучшен, что в итоге увеличит эффективность оптоэлектронного устройства.

Основные усилия мировой науки в области теплового обеспечения светодиодных излучателей направлены на исследование систем пассивного и активного охлаждения светодиодных светильников, выбор материалов, обеспечивающих требуемые коэффициенты теплопроводности и сохраняющих оптические свойства приборов. Отдельное внимание уделяется тепловому обеспечению светодиодных чипов, поскольку их оптические характеристики сильно зависят от температуры. Меньшее внимание было уделено тепловым свойствам люминофоров, хотя в литературе довольно подробно изучен эффект их термического гашения [3].

Основной целью данного научного исследования является изучение тепловых свойств МСС, а в частности, решение проблемы перегрева ЛСС. Перегрев люминофора значительно ухудшает оптические свойства МСС и может привести к отказу устройства.

Цель работы – найти тепловое решение, обеспечивающее правильное тепловое обеспечение всех слоев МСС, включая ЛСС, как самую чувствительную к температуре часть прибора. **Задача работы** – рассмотреть возможные варианты структуры МСС, обеспечивающие правильное тепловое обеспечение.

Объектами исследования является мощная светодиодная сборка Optogan X10 [4], содержащая 9 светодиодных чипов общей мощностью 10 Вт, а также три варианта ЛСС: силиконовый ЛСС, ЛСС на основе стекло-керамики, ЛСС на основе жидкого стекла. Предметом исследования является тепловые характеристики данных структур.

Проведение исследований и моделирование теплообмена в ЛСС на основе стекло-керамики и ЛСС на основе жидкого стекла в структуре МСС.

Методы исследования включают в себя численное моделирование теплофизических свойств твердых тел методом конечных элементов, экспериментальное исследование оптических свойств: измерение выходной световой мощности МСС с помощью оптической сферы и спектрометра, а также экспериментальное изучение тепловых свойств с помощью инфракрасной камеры.

Существует два технологических метода получения матриц из стекла. Первый метод заключается в расплавлении стекла и диспергировании в расплав порошкового люминофора с последующим запеканием. Недостатком метода является воздействие высокой температуры в течение технологического цикла на частицы люминофора, вследствие чего они деградируют. Второй метод заключается в распределении частиц люминофора в растворе «жидкого» стекла, его отверждением и запеканием при небольшой температуре (около 150°C) для придания прочностных свойств. Таким образом, при использовании «жидкого» стекла люминофор не успевает деградировать и сохраняет заданные оптические свойства. В настоящей работе теоретически исследованы температурные поля в мощных светодиодных устройствах при варьировании параметров ЛСС.

Решение проблемы теплового обеспечения ЛСС позволит увеличить срок жизни светодиодных устройств и в дальнейшем повысить мощность МСС, что приводит к повышению плотности светового потока. Правильное тепловое обеспечение повышает энергоэффективность устройства путем лучшего преобразования входной электрической мощности в выходную оптическую, а значит, путем обеспечения меньших потерь в форме тепловой энергии.

Необходимо изучить температурное поле в силиконовом ЛСС (стандартная конструкция МСС) при обычных условиях работы. Предложить варианты улучшения тепловых характеристик ЛСС путем изменения материалов ЛСС (использование стекло-керамики и жидкого стекла вместо силиконового геля) и его конструкции.

На рис. 1 представлены структурные схемы светодиодов с различными инкапсулянтами для частиц люминофора.

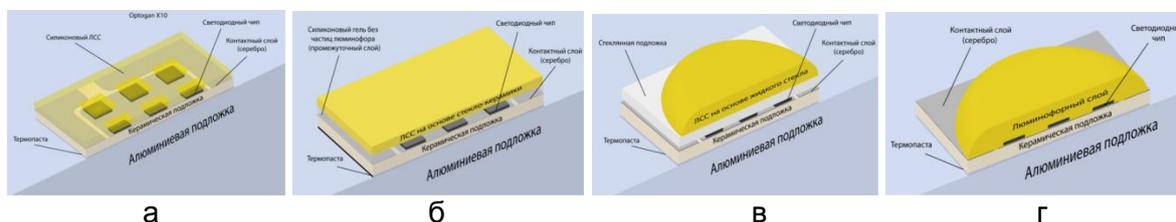


Рис. 1. Структурные схемы исследуемых светодиодов МСС Optogan X10 на основе: силиконовый гель (а); стекло-керамика (б); жидкое стекло (в–г)

Для решения задач теплообмена взяты следующие граничные условия: температура задней поверхности алюминиевой подложки во всех случаях равнялась 25°C, начальная температура прибора 25°C, тепловыделение светодиодных чипов составляет 6 Вт, тепловыделение силиконового ЛСС составляет 1 Вт, тепловыделение ЛСС на основе стекло-керамики – 2,6 Вт, тепловыделение ЛСС на основе жидкого стекла – 1,5 Вт. Результаты моделирования представлены на рис. 2.

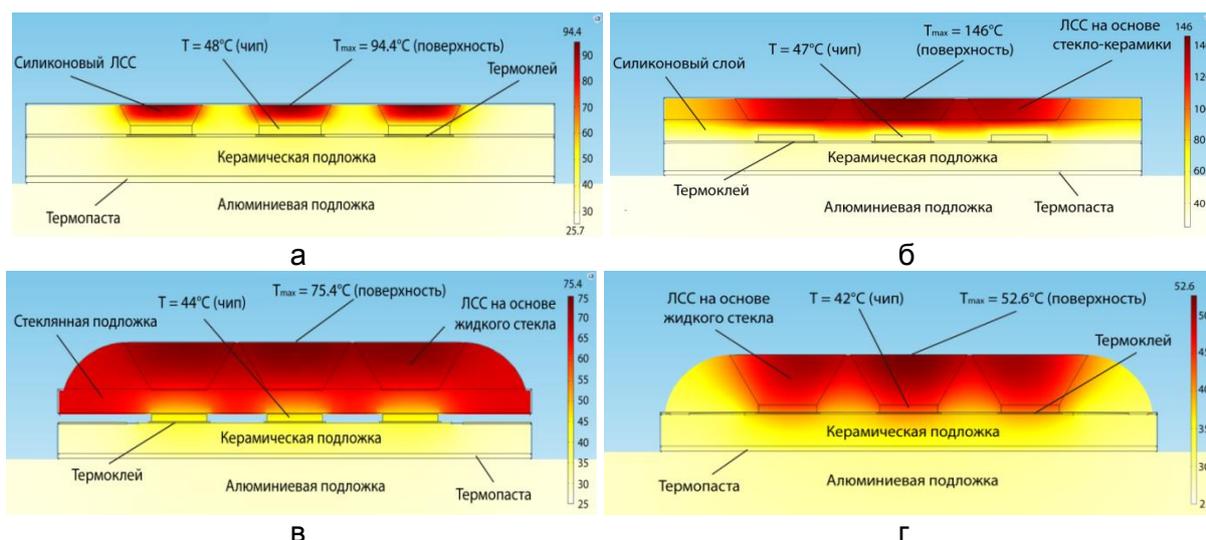


Рис. 2. Распределение температуры в объеме МСС с различными ЛСС в поперечном сечении: МСС Optogan X10 (а); МСС Optogan X10 с ЛСС на основе стекло-керамики (б); МСС Optogan X10 с ЛСС на основе жидкого стекла (в); оптимизированной схемы с ЛСС на основе жидкого стекла (г)

Для верификации данных компьютерного моделирования были проведены тепловые эксперименты с использованием инфракрасной камеры и термопар для прямого измерения температуры. Сравнение данных приведено в таблице.

Таблица. Сравнение экспериментальных данных и данных моделирования

| Образец | а | б | в |
|---------------------------|---------|-------|--------|
| T_{max} (моделирование) | 94,4°C | 146°C | 75,4°C |
| T_{max} (эксперимент) | 103,2°C | 186°C | 80°C |
| Различие | 8,5% | 20% | 6% |

Тепловое обеспечение МСС является ключевым фактором повышения эффективности и долговечности светодиодных устройств. Один из наиболее чувствительных к температуре элементов МСС – ЛСС. Фундаментальной причиной генерации тепла в ЛСС является стоксов сдвиг фотолюминесценции. Силиконовый гель, как инкапсулянт для частиц люминофора, обладает рядом недостатков: небольшой коэффициент теплопроводности (около 0,2 Вт/(м·К)), небольшой показатель преломления (1,54), а также вероятность пожелтения и обугливания при работе в повышенной температуре. Однако силиконовый гель является наиболее технологичным и дешевым материалом, что позволяет уменьшать стоимость производства. Из-за низкой теплопроводности силиконового геля при больших оптических плотностях тепло в ЛСС не успевает рассеиваться, и возникает эффект термического гашения люминофора. Использование стекло-керамической основы для ЛСС позволяет увеличить коэффициент теплопроводности, но производство ЛСС на основе стекло-керамики значительно сложнее по сравнению с силиконовым гелем.

В результате моделирования тепловых мощностей, найденных в эксперименте (1 Вт в силиконовом ЛСС, 6 Вт в активной области), мы получили температурное распределение внутри светодиода. Оказывается, что низкая теплопроводность силиконового геля является причиной появления областей локального перегрева в ЛСС. Температура тепловых пятен (90°C) при использовании силиконового геля вплотную приближается к границе термического гашения сильнолегированного YAG:Ce³⁺. Использование тонкослойного силиконового ЛСС с толщиной около 0,3 мм предотвращает локальный перегрев. Использование высокотемпературного стекла в

качестве матрицы для частиц люминофора не решает проблему перегрева, поскольку, вследствие деградации люминофора, данная структура обладает высоким тепловыделением – 2,6 Вт. ЛСС, изготовленный с использованием жидкого стекла и размещенный на стеклянной подложке, имеет тепловые характеристики, близкие к характеристикам стандартной конструкции с силиконовой матрицей (температура поверхности 75°C, температура чипов 44°C). Светодиодная сборка с чипами, полностью покрытыми ЛСС из жидкого стекла, имеет минимальный нагрев (температура поверхности 52,6°C, температура чипов 42°C). Для дальнейшего улучшения теплообмена необходимо решить проблему крепежа ЛСС из жидкого стекла к светодиодному модулю и нормализовать концентрационный состав частиц люминофора в растворе жидкого стекла.

Литература

1. Chang M. [et al.] Light emitting diodes reliability review [Article] // *Microelectronics Reliability*. – 2012. – V. 52. – P. 762–782.
2. Christensen A. and Graham S. Thermal effects in packaging high power light emitting diode arrays // *Applied Thermal Engineering*. – 2009. – V. 29. – P. 64–371.
3. Bachmann V., Ronda C. and Meijerink A. Temperature Quenching of Yellow Ce Luminescence in YAG:Ce³⁺ // *Chem. Mater.* – 2009. – V. 21. – P. 2077–2084.
4. Optogan Светодиоды «X10» серии OCC // Optogan Российские светодиоды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.optogan.ru/products/led_components/x10, своб.



Корнеева Ольга Михайловна

Год рождения: 1992

Естественнонаучный факультет, кафедра высшей математики, группа № 6743

Направление подготовки: 010400 – Прикладная математика и информатика

e-mail: korneevaom@yandex.ru

УДК 51-72

ТОМОГРАФИЯ ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КВАДРАТУР КВАНТОВОГО ПОЛЯ МЕТОДОМ НЕПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

О.М. Корнеева

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Г.П. Мирошниченко

Работа выполнена в рамках темы НИОКР с магистрами и аспирантами № 610451 «Нано-фемто-технология, квантовая информатика».

Умение определять состояние квантовой системы необходимо для решения многих задач. Например, в квантовой информатике классическая информация записывается в квантовом состоянии поля, и, следовательно, чтобы извлечь переданную информацию необходимо определить состояние поля. Также знание состояния поля необходимо в интерферометрических измерениях или при исследовании полей, генерируемых резонатором. Описание состояния квантовой системы представимо в виде матрицы плотности и может быть определено с помощью квантовой томографии [1].

Целью квантовой томографии является реконструкция неизвестного начального состояния квантовой системы с помощью последовательных измерений одинаковых копий системы [2]. Измерение квантовой системы есть не что иное, как срез-проекция ее состояния на некоторое направление в фазовом пространстве, которое может быть любым, и дальнейшее восстановление с помощью обратного преобразования Радона полной структуры матрицы плотности на основе набора срезов-проекций [3]. В квантовой физике набором срезов-проекций будет являться закон распределения квадратур квантового поля

$$\langle \chi(\varphi) | \rho | \chi(\varphi) \rangle = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int P(\beta) \exp\left(-\left(\chi(\varphi) - \sqrt{2}|\beta| \cos(\varphi + \varphi_\beta)\right)^2\right) d^2\beta, \quad (1)$$

где $\chi(\varphi)$ – собственные числа оператора квадратуры $\hat{\chi}(\varphi)$; ρ – матрица плотности квантового поля; $P(\beta)$ – P -функция матрицы плотности; φ – фаза квадратуры; φ_β – фаза когерентного состояния β ,

$$\hat{\chi}(\varphi) = \frac{ae^{i\varphi} + a^+ e^{-i\varphi}}{\sqrt{2}},$$

где a^+ , a – операторы рождения и уничтожения. Здесь и далее под законом распределения квадратур подразумевается закон распределения собственных чисел оператора квадратуры.

Существуют различные способы реконструкции матрицы плотности поля, но далеко не все методы позволяют работать с микроволновыми полями или же не полностью восстанавливают матрицу плотности квантового микроволнового поля, кроме того установки для детектирования бывают довольно сложные, что, в свою очередь, затрудняет реконструкцию. В данной работе предложен новый подход к реконструкции закона распределения квадратур квантового поля с помощью не прямых измерений [4]. Описаны взаимодействия, происходящие в процессе детектирования, аналитически выведен принцип реконструкции закона распределения квадратур на основе результатов детектирования и, в качестве примера, проведено восстановление законов распределения квадратур для когерентного квантового поля и для поля в фоковском состоянии. Преимущество такого подхода заключается в том, что с помощью него можно исследовать микроволновые квантовые поля, и установка, используемая для изучения поля достаточно проста (схема установки изображена на рис. 1). Если найден закон распределения квадратур, то реконструировать матрицу плотности поля можно по хорошо известной процедуре [2].

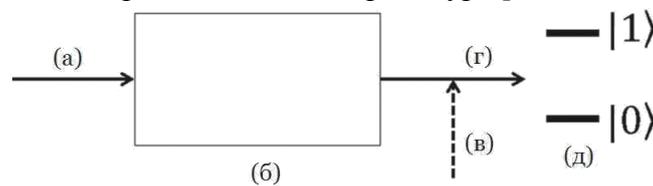


Рис. 1. Установка для детектирования методом не прямых измерений: атом-зонд в основном энергетическом состоянии (а); резонатор с квантовым полем (б); лазерный импульс (в); атом после взаимодействий с резонатором и лазером (г); детекторы энергетического состояния атома (д)

Проведем на установке для не прямых измерений N экспериментов. В каждом эксперименте пропустим через установку друг за другом m атомов-зондов в основном энергетическом состоянии, а затем определим m_1 – количество атомов-зондов, вылетевших в возбужденном энергетическом состоянии; m_0 – в основном энергетическом состоянии ($m = m_1 + m_0$) после всех взаимодействий.

В работе было аналитически выведено, что в качестве случайной величины квадратуры квантового поля в предложенном эксперименте можно рассматривать следующую величину

$$\chi_{ex} = \frac{\Delta}{\sqrt{2m\tau}} = \frac{m_1 - m_0}{\sqrt{2m\tau}}, \quad (2)$$

где $\Delta = m_1 - m_0$; τ – время взаимодействия атома-зонда с резонатором. Тогда на основе полученных в результате детектирования данных можно определить частоту выпадения конкретного значения экспериментальной квадратуры, которая вычисляется по формуле (2), в N экспериментах и построить гистограмму. Данная гистограмма будет близка к закону распределения квадратур при следующих условиях

$$\begin{cases} \bar{n} \gg 1 \\ m\tau^2 \gg 1, \\ \tau\sqrt{\bar{n}} \ll 1 \end{cases} \quad (3)$$

где \bar{n} – среднее число фотонов в квантовой моде. Определить среднее число фотонов в квантовой моде поля в резонаторе не составляет особых трудностей. Для этого также используется метод непрямых измерений, но исключается воздействие лазера на атом-зонд после его вылета из резонатора [5].

С целью проверки теоретических выводов, было проведено моделирование эксперимента в пакете Mathcad. В качестве примера для моделирования рассматривалось когерентное поле с матрицей плотности

$$\rho_c = |\beta\rangle\langle\beta|, \quad (4)$$

$$|\beta\rangle = \sum_n \frac{\beta^n}{\sqrt{n!}} |n\rangle,$$

и поле в фоковском состоянии с матрицей плотности

$$\rho_{Fock} = |n\rangle\langle n|, \quad (5)$$

где в состоянии $|n\rangle$ находится n частиц. Моделирование отсчетов детектора производилось методом Монте-Карло.

Проводилось N экспериментов. В каждом эксперименте запускалось подряд m атомов в основном энергетическом состоянии. Далее, производилась процедура детектирования, и применялся предложенный подход к реконструкции закона распределения квадратур. После реконструкции был получен экспериментальный закон распределения квадратур квантового поля – гистограмму $F(\chi_{ex})$, близкую при условиях (3) к теоретическому закону распределения квадратур (1).

Теперь произведем сравнение теоретических законов распределения и полученных после процедуры реконструкции. Преобразуем выражение (1) для квантового когерентного поля. Тогда теоретический закон распределения квадратур для квантового когерентного поля с матрицей плотности (4) будет выглядеть следующим образом

$$\langle\chi(\varphi)|\rho_c|\chi(\varphi)\rangle = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp\left(-\left(\chi(\varphi) - \sqrt{2}|\beta|\cos(\varphi + \varphi_\beta)\right)^2\right). \quad (6)$$

Для поля с матрицей плотности (5) в фоковском состоянии теоретическая формула закона распределения имеет вид

$$\langle\chi(\varphi)|\rho_{Fock}|\chi(\varphi)\rangle = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{1}{2^n n!} e^{-\chi^2} H_n^2(\chi), \quad (7)$$

где H_n – n -й полином Эрмита.

На рис. 2 изображены теоретический закон распределения квадратур (сплошная линия) и полученный в результате реконструкции экспериментальный закон распределения квадратур (гистограмма) для когерентного поля с матрицей плотности (4).

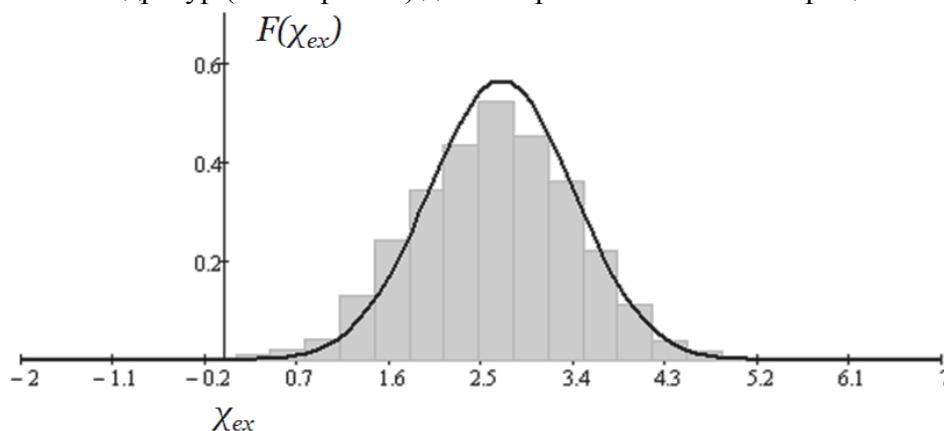


Рис. 2. Реконструкция закона распределения фазовых квадратур когерентного квантового поля для когерентного состояния β , $|\beta| = 2$. Количество экспериментов $N = 200$, количество атомов в одном эксперименте $m = 800$, время взаимодействия с резонатором $t = 0,05$

Была проведена проверка гипотезы о соответствии полученных в результате реконструкции законов распределения квадратур теоретическим законам (6), (7) с помощью критерия согласия Пирсона. В результате проверки, данная гипотеза была принята.

На основе результатов моделирования можно утверждать, что предложенный в работе подход достаточно хорошо позволяет восстанавливать закон распределения квадратур квантового поля для когерентного и фоковского состояния и, кроме того, можно выдвинуть предположение, что при реконструкции закона распределения квадратур для других видов квантовых полей данный метод будет давать хорошие результаты.

В данной работе был предложен новый подход к реконструкции закона распределения фазовых квадратур квантового поля с помощью непрямых измерений. Описаны взаимодействия, происходящие в системе детектирования. Аналитически показано, что посредством непрямых измерений состояния квантового поля в резонаторе можно восстановить закон распределения квадратур, если в качестве случайного значения экспериментальной квадратуры использовать величину, описываемую выражением (2). Выполнено построение модели эксперимента и произведено восстановление закона распределения квадратур для когерентного квантового поля и для поля в фоковском состоянии. На основе результатов моделирования можно сделать вывод, что представленный в работе метод позволяет реконструировать закон распределения фазовых квадратур квантового поля. Преимуществом данного метода реконструкции является возможность его использования для исследования микроволновых квантовых полей.

Литература

1. Шлях В.П. Квантовая оптика в фазовом пространстве / Пер. с англ. под ред. В.П. Яковлева. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 760 с.
2. D'Ariano G.M., Paris M.G.A., Sacchi M.F. Quantum Tomography // Advances in Imaging and Electron Physics. – 2003. – V. 128. – P. 205–308.

3. Vogel K., Risken H. Determination of quasiprobability distributions in terms of probability distributions for the rotated quadrature phase // Physical Review A. – 1989. – V. 40. – P. 2847–2849.
4. Miroshnichenko G.P. Measuring statistical characteristics of a quantized mode in various photodetection regimes // Journal of Experimental and Theoretical Physics. – 2007. – V. 104. – P. 724–735.
5. Мирошниченко Г.П., Корнеева О.М. Восстановление матрицы плотности фотонов гауссова поля на основе метода дискретного фотодетектирования // Сб. трудов III Всероссийского конгресса молодых ученых. – 2014. – С. 68–73.



Котова Екатерина Ильинична

Год рождения: 1991

Инженерно-физический факультет, кафедра твердотельной оптоэлектроники, группа № 6244

Направление подготовки: 223200 – Техническая физика

e-mail: cath.kotova@yandex.ru

УДК 528.563

БАЛЛИСТИЧЕСКИЙ ГРАВИМЕТР С ПАДАЮЩЕЙ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКОЙ

Е.И. Котова

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.Л. Дмитриев

Работа выполнена в рамках темы НИР № 610449 «Фундаментальные исследования процессов взаимодействия излучения с поверхностью объектов».

В настоящее время актуально создание высокочастотных (ВЧ) гравиметров для измерения флуктуаций напряженности гравитационного поля Земли в спектральном диапазоне от десятков до нескольких тысяч герц. Такие гравиметры необходимы для изучения сложных геофизических процессов в ядре, мантии и коре Земли, а также при решении прикладных задач поиска полезных ископаемых и предсказаний природных катастроф (землетрясений, цунами). Применение известных высокочувствительных гравиметров – сверхпроводящего и баллистического – для измерений ВЧ-колебаний гравитационного поля затруднительно, вследствие сравнительно большой массы пробного тела (ПТ) и протяженной, величиной до 1 м, траекторией движения ПТ в баллистическом гравиметре. Значительные сложности вызывают отклонения линии свободного падения ПТ от вертикали и помехи, вызванные случайными колебаниями громоздкой оптико-механической установки гравиметра.

Целью работы являлось создание нового измерительного прибора – высокочастотного гравиметра, предназначенного для измерений высокочастотных, диапазона десятков-сотен герц и более, флуктуаций напряженности гравитационного поля Земли.

Актуальность данной проблемы обусловлена большими научным и практическим значениями высокочастотной гравиметрии. Научным – так как даст возможность получать новую ценную информацию о сложных, ранее неизученных, геофизических процессах, происходящих в ядре, мантии и коре Земли. Практическим – так как создаваемые в ходе освоения и развития ВЧ гравиметрии новые измерительные приборы будут способствовать усовершенствованию методик и аппаратуры поиска

полезных ископаемых (нефти, газа, редких металлов) и предупреждения природных катастроф – землетрясений, цунами, селей, оползней.

Задача, на решение которой направлен проект, состоит в создании высокочастотного баллистического гравиметра с предельно малой, менее 1 мм, длиной траектории падения пробного тела, выполненного на основе падающей голографической дифракционной решетки.

Баллистические гравиметры применяются для измерений абсолютной величины ускорения силы тяжести, и их действие основано на измерении координат свободно падающего тела. В лазерном баллистическом гравиметре (ЛБГ) закрепленный на пробном теле оптический уголковый отражатель (трипель-призма) является составной частью интерферометра Майкельсона и в ходе измерений выполняется счет интерференционных полос, перемещающихся вдоль фотодетектора в заданный отрезок времени [1, 2]. Такие приборы отличаются высокой точностью измерений, а их усовершенствование связано с рядом принципиальных затруднений, среди которых одним из главных является большая (десятки сантиметров) длина траектории падения пробного тела. Сравнительно большое время падения пробного тела существенно ограничивает временную разрешающую способность ЛБГ, и такие гравиметры нельзя использовать для измерения высокочастотных, диапазона свыше нескольких десятков герц, колебаний напряженности гравитационного поля Земли. Между тем, ВЧ-гравиметрия является важным направлением в создании гравиметрических приборов для исследования геофизических процессов в ядре, мантии и коре Земли и аппаратуры предупреждения природных катастроф (землетрясений, оползней, цунами). Предложен новый тип ЛБГ, в оптической схеме которого использована пропускающая голографическая дифракционная решетка и в котором длина траектории падения пробного тела составляет доли миллиметров.

Принцип действия голограммного гравиметра основан на изменении частоты света, дифрагирующего на подвижной дифракционной решетке.

Фаза $\varphi(z)$ дифрагирующей волны представляется выражением

$$\varphi(z) = \varphi_0 + \frac{2\pi}{\lambda} z (\sin \alpha + \sin \beta), \quad (1)$$

где λ – длина волны света; z – координата в плоскости голограммы; углы α и β – углы падения и дифракции соответственно. При движении голограммы вдоль оси z со скоростью v фаза $\varphi(z)$ изменяется во времени, что соответствует сдвигу f частоты волны, равному

$$f = \frac{1}{2\pi} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = \frac{v}{\lambda} (\sin \alpha + \sin \beta). \quad (2)$$

Период d дифракционной решетки равен

$$d = \frac{\lambda}{\sin \alpha + \sin \beta} \quad (3)$$

и формула (2) принимает простой вид $f = v / d$.

Если решетка движется вдоль z с ускорением $g = \partial v / \partial t$,

$$g = d \left(\frac{\partial f}{\partial t} \right) = \frac{\lambda}{\sin \alpha + \sin \beta} \left(\frac{\partial f}{\partial t} \right). \quad (4)$$

Частота f равна частоте биений при фоторегистрации картины интерференции, получаемой при когерентном сложении дифрагирующей и опорной (нулевого порядка дифракции) волн. Примечательно, что для расчета ускорения g , согласно выражению (4), нет необходимости точного измерения расстояний, проходимых движущейся

голографической решеткой, а достаточно определить параметр $\left(\frac{\partial f}{\partial t}\right)$ регистрируемого частотно-модулированного сигнала биений [3].

Схема эксперимента, демонстрирующего описанный принцип измерений ускорения свободного падения пробного тела, показана на рис. 1.

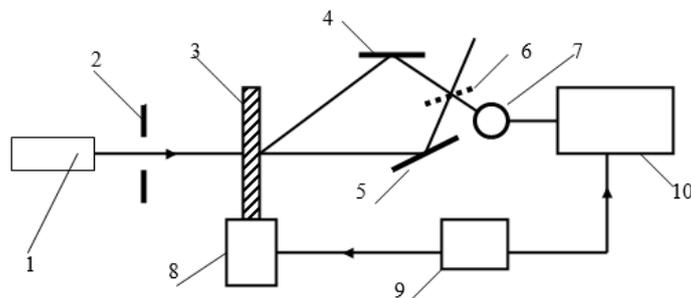


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – гелий-неоновый лазер (633 нм); 2 – диафрагма; 3 – голограмма; 4, 5 – зеркала; 6 – светоделитель; 7 – фотодиод; 8 – электромеханическая катапульта; 9 – электронное устройство управления катапультой; 10 – цифровой осциллограф

Когерентное сложение дифрагирующих на голограмме пучков света осуществляется с помощью системы зеркал 4, 5 и светоделителя 6, обеспечивающих практически нулевую разность хода интерферирующих пучков. Сигнал биений, регистрируемый фотодиодом 7, отображается на экране цифрового осциллографа, сигнал запуска которого поступает с командного устройства 9 управления катапультой 8. Дифракционная эффективность пропускающей голограммы 3 составляет 37%, угловая селективность дифракции 10 град.

В ходе эксперимента испытан усовершенствованный вариант катапульти, в которой угловое перемещение подбрасываемого пробного тела ограничено, благодаря использованию специальной плоской пружины. Фиксация углового положения пробного тела связана с дополнительным, кроме силы тяжести, действием на пробное тело силы упругости пружины.

Примеры регистрируемых осциллографом частотно-модулированных сигналов биений показаны на рис. 2. Благодаря угловой стабилизации движения пробного тела, изменения амплитуды выходного сигнала интерферометра при использовании катапульти № 2 меньше, чем при использовании катапульти № 1. Середина осциллограмм примерно соответствует верхней точке траектории ПТ. Необходимые для расчета ускорения свободного падения ПТ частотные характеристики сигналов биений могут быть получены при их компьютерной обработке практически в реальном времени.

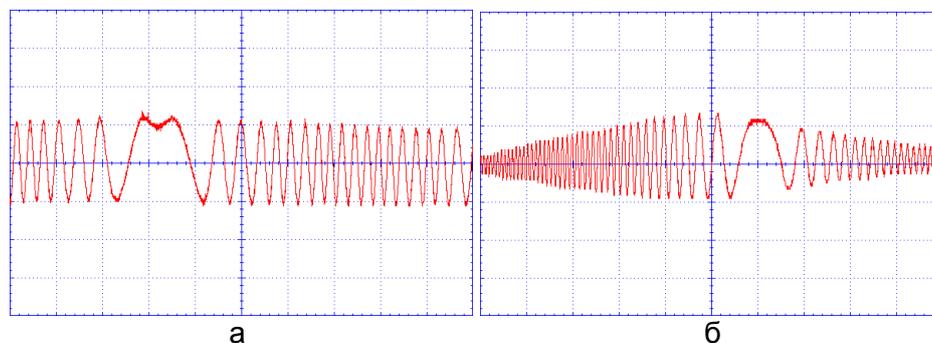


Рис. 2. Примеры регистрируемых интерференционных картин частотно-модулированного сигнала биений при катапульте № 1 (а); модифицированная конструкция катапульти № 2 (б)

Выполнен анализ трех оптических схем мультиплексирования (когерентного наложения) пучков света в баллистическом гравиметре с падающей голографической дифракционной решеткой, в том числе с использованием зеркал и светоделителя, выполнены расчет специальной призмы полного внутреннего отражения (ПВО), предложен мультиплексор в виде двух последовательно расположенных голографических решеток. Анализ рассмотренных схем позволяет оптимизировать конструкцию предложенного гравиметра.

В работе также приведен анализ влияний угловых отклонений положения голограммы при движении по вертикали. Для пропускающей голограммы при соблюдении условия Брэгга углы падения α и дифракции β коллимированных пучков света связаны выражением [4]:

$$\sin \beta_i = n_i \sin [2\theta_{0i} - \arcsin(\sin \alpha_i / n_i)], \quad (5)$$

где n_i – средний показатель преломления материала голограммы на рабочей длине волны λ_i ; θ_{0i} – угол Брэгга в воздухе.

Из данного соотношения рассчитана зависимость изменения угла дифракции света на пропускающей голограмме от геометрии угла падения, из которой видно, что область минимальной чувствительности дифракции к угловому положению голограммы достигается при углах падения, близких к нормальному. Также определена максимально допустимая разность углов падения интерферирующих пучков света на фотоприемник – не более 2–2,5 угл. мин, что примерно соответствует требованиям угловой стабилизации падающей голограммы.

Выводы:

1. высокочастотная (ВЧ) гравиметрия является перспективным направлением геофизики и ее приложений, особенно в области разработки аппаратуры поиска полезных ископаемых и предупреждения природных катастроф (землетрясений и др.);
2. предложен новый ВЧ-гравиметр на основе падающей голографической дифракционной решетки, принцип действия которого основан на изменении частоты света дифрагированного на подвижной решетке;
3. собрана экспериментальная установка и продемонстрирована работоспособность предложенного принципа действия гравиметра;
4. предложены три варианта оптических схем мультиплексирования пучков света в голограммном гравиметре, экспериментально исследованы два типа катапульты запуска пробного тела;
5. рассчитана зависимость изменения угла дифракции света на пропускающей голограмме от геометрии угла падения, а также определена максимально допустимая разность углов падения интерферирующих пучков света на фотоприемник – не более 2–2,5 угл. мин.

Литература

1. Торге В. Гравиметрия / Пер. с англ. – М.: Мир, 1999. – 429 с.
2. Грушинский Н.П. Основы гравиметрии. – М.: Наука, 1983. – 352 с.
3. Дмитриев А.Л., Котова Е.И., Никущенко Е.М., Смирнова А.Л., Прокопенко В.Т. Баллистический гравиметр с падающей голографической дифракционной решеткой // Оптика и спектроскопия. – 2014. – Т. 117. – № 5. – С. 110–111.
4. Дмитриев А.Л. Голограммный элемент демультиплексора световодной системы связи со спектральным уплотнением каналов // Квантовая электроника. – 1984. – Т. 11. – № 7. – С. 1352–1357.

**Краснов Алекс Сергеевич**

Год рождения: 1991

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра безопасных информационных технологий, группа № 6134
Направление подготовки: 090900 – Информационная безопасность
e-mail: alex073ul@mail.ru

УДК 004.057.2

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ
ПО СОСТАВУ ОРГАНИЗАЦИОННО-РАСПОРЯДИТЕЛЬНЫХ ДОКУМЕНТОВ****А.С. Краснов (Университет ИТМО)****Научный руководитель – д.т.н., профессор В.Г. Швед
(НОУ ДПО «Учебный центр «СпецПроект»)**

В условиях современной реальности управление и обработка информационных ресурсов все чаще происходит с помощью технических средств, локальных и глобальных сетей. Российская Федерация с целью защиты прав граждан регламентирует данные процедуры с помощью организационно-распорядительных документов. Для выполнения требований законодательства, предприятие, осуществляющее подобного рода процедуры, должно иметь необходимое документационное обеспечение в области информационной безопасности. На сегодняшний день анализ такого документационного обеспечения производится по перечням документов, рекомендованным различными ведомствами (ФСТЭК РФ, ФСБ РФ, Минкомсвязи России). Однако данные методики не учитывают всего многообразия документов, выделяемых законодателем, и не предлагают универсальной методики, а также не учитывают степень важности каждого из документов. В качестве решения данной проблемы предлагается выработка методики, построенной на всестороннем анализе законодательной базы и применении коэффициентов весомости к каждому из выделенных документов, рассчитанных на основе метода Делфи (экспертный метод).

Целью работы являлась выработка методики, позволяющей определить степень соответствия документационного обеспечения предприятия законодательству Российской Федерации (РФ) для информации, которая в организации в соответствии с вводимым режимом или в соответствии с федеральными законами относится к информации ограниченного пользования, в рамках внутреннего аудита с расчетом коэффициентов весомости для каждого из выделенных в перечнях документов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

1. исследование законодательства РФ в области защиты информации и определение видов информации, доступ к которой ограничен;
2. систематизация отобранных нормативно-правовых актов различных уровней (федеральные законы, законы, приказы и иные) по видам информации, доступ к которым ограничен;
3. формирование перечня необходимых документов в соответствии с законодательством, которые должны быть на предприятии при введении режима той или иной тайны;
4. изучение возможных подходов и методик к оценке соответствия документационного обеспечения предприятия законодательству РФ;
5. изучение важности документа, определенного в законодательстве с целью формирования «веса» каждого из них, что поможет в итоге оценить общую

подготовленность предприятия к обработке и управлению информацией, доступ к которой ограничен;

6. формирование конечного перечня документов и определение степени важности его по каждому из видов тайн в отдельности.

По итогам исследования и систематизации законодательства РФ были отобраны ключевые нормативно-правовые акты различных уровней, регулирующие документационное обеспечение организации в области защиты информации. Проведенный анализ законодательства позволил сформировать перечень мер, документационное обеспечение которых должно обеспечиваться в организации.

Так, например, перечень мер в сфере коммерческой тайны включает в себя следующие позиции:

1. перечень информации, составляющей коммерческую тайну;
2. порядок обращения с информацией, составляющей коммерческую тайну;
3. журнал регистрации сотрудников, которые для выполнения своей деятельности, получили доступ к коммерческой тайне, а также сотрудников, которым предоставили сведения, являющиеся коммерческой тайной;
4. инструкция по урегулированию взаимоотношений, возникших в результате использования коммерческой тайны на предприятии;
5. журнал ознакомления работника с перечнем информации, составляющей коммерческую тайну, доступ которого необходим;
6. журнал ознакомления сотрудника с введенным работодателем режимом и ответственностью, установленной работодателем, в случае нарушения порядка обращения с коммерческой тайной [1].

Подобные перечни были составлены для персональных данных (32 пункта) [2] и служебной информации ограниченного пользования (15 пунктов) [3].

Для проведения оценки соответствия документации организации законодательству РФ необходимо было выбрать методику, которая позволит рассчитать коэффициенты весомости. В качестве методики была выбрана теория квалиметрии.

Квалиметрия – научная область, изучающая и разрабатывающая принципы и методы количественной оценки качества [4, С. 6].

Данная методика позволяет произвести количественную оценку качества документационного обеспечения мероприятий, осуществляемых в организациях в связи с обработкой сведений ограниченного доступа. В качестве метода был выбран экспертный метод (метод Делфи).

Таким образом, при помощи данного метода определения весомости удастся получить коэффициенты весомости каждого из пункта мер за счет усреднения оценок, предоставляемых экспертами, являющимися квалифицированными специалистами в области аудита информационной безопасности.

Вычисления производилось следующим образом.

Проводится опрос среди экспертов и для полученных от них оценок рассчитываются суммы рангов S_i :

$$S_i = \sum_{j=1}^{n,m} r_{i,j},$$

где n – количество мер; m – количество экспертов; i – порядковый номер меры; j – порядковый номер эксперта; $r_{i,j}$ – ранг меры i , поставленный экспертом j .

Следующим этапом проводится расчет отклонения от среднего арифметического O_i по формуле:

$$O_i = R_i - S_i,$$

где R_i – среднее арифметическое суммы рангов S_i .

После этого происходит вычисление квадрата отклонения от среднего арифметического K_i :

$$K_i = O_i^2.$$

В дальнейшем необходимо произвести оценку степени согласованности экспертов путем нахождения коэффициента конкордации W :

$$W = \frac{12L}{m^2(n^3 - n)},$$

где L – сумма квадратов отклонения от среднего арифметического.

Если полученное значение меньше 0,75 [4, С. 58], то оценка будет считаться несогласованной, что приводит к проведению еще одного круга оценивания экспертами после высказывания аргументированного мнения своей оценки, иначе происходит переход к следующему этапу – нахождению коэффициентов весомости:

$$p_i = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^n S_i}.$$

Пример результатов данных расчетов для приведенного ранее перечня можно увидеть в таблице.

Таблица. Результаты экспертной оценки документационного обеспечения в сфере коммерческой тайны

| № | Оценка эксперта | | | | | Сумма рангов | Отклонение от среднего арифметического | Квадрат отклонения | Вес |
|---|-----------------|---|---|---|---|--------------|--|--------------------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 6 | 6 | 5 | 6 | 5 | 28 | 10,5000 | 110,3 | 0,2667 |
| 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 10 | -7,5000 | 56,3 | 0,0952 |
| 3 | 5 | 4 | 6 | 5 | 6 | 26 | 8,5000 | 72,3 | 0,2476 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 6 | -11,5000 | 132,3 | 0,0571 |
| 5 | 2 | 5 | 4 | 4 | 4 | 19 | 1,5000 | 2,3 | 0,1810 |
| 6 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 16 | -1,5000 | 2,3 | 0,1524 |

Коэффициент конкордации в данном случае составил $W = 0,858$.

При использовании данной методики в дальнейшем с целью подготовки к аудиту систем защиты информации, специалист по информационной безопасности отмечает наличие на объекте документационного обеспечения по каждому из пунктов мероприятия, что сформирует в итоге общий показатель степени подготовленности предприятия к аудиту, полученного путем сложения коэффициентов весомости каждого из них.

Разработанная методика оценки степени выполнения по составу организационно-распорядительных документов позволяет определить сотрудникам организаций степень полноты документационного обеспечения, требования к которым выдвигаются законодательством. Методика имеет нетривиальное решение, основанное на нахождении весомости каждого документа путем метода экспертных оценок, что выгодно отличает ее от существующих аналогов, поскольку организация может увидеть числовой показатель их готовности к аудиту. Также разработанная методика учитывает большее количество документов, определяемых законодателем, за счет всестороннего анализа нормативно-правовой базы различных уровней. При этом стоит

отметить, что в данной работе были проанализированы лишь ключевые документы в сфере защиты информации, а количество документов, регламентирующих данную сферу, очень велико. Однако данная проблема решается за счет более глубокого и детального анализа и учета иерархии и подчиненности законодательных документов Российской Федерации.

Литература

1. Федеральный закон от 29.07.2004 № 98-ФЗ (ред. от 12.03.2014) «О коммерческой тайне» / Компания «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_160225/, своб.
2. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ (ред. от 21.07.2014) «О персональных данных» / Компания «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_166051/, своб.
3. Постановление Правительства РФ от 03.11.1994 № 1233 (ред. от 20.07.2012) «Об утверждении Положения о порядке обращения со служебной информацией ограниченного распространения в федеральных органах исполнительной власти и уполномоченном органе управления использованием атомной энергии» / Компания «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_54870/, своб.
4. Недбай А.А. Основы квалиметрии: учебное пособие. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – 126 с.
5. Исаев А.С., Хлюпина Е.А. Правовые основы организации защиты персональных данных: учебное пособие. – СПб.: НИУ ИТМО, 2014. – 106 с.



Кукушкин Дмитрий Евгеньевич

Год рождения: 1992

Факультет информационных технологий механики и оптики,
кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа № 6309

Направление подготовки: 200400 – Оптехника

e-mail: intenso.dk@gmail.com

УДК 520.35

РАЗРАБОТКА ПРЕДОПТОВОЛОКОННОЙ СИСТЕМЫ, ПРЕДШЕСТВУЮЩЕЙ СПЕКТРОГРАФУ ВЫСОКОГО СПЕКТРАЛЬНОГО РАЗРЕШЕНИЯ БОЛЬШОГО ТЕЛЕСКОПА АЗИМУТАЛЬНОГО

Д.Е. Кукушкин

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Бахолдин

Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда (проект № 14-50-00043) и темы НИР № 610749 «Проектирование и экономическое обоснование оптических систем для фундаментальных и прикладных исследований».

Введение. Настоящая работа являлась продолжением исследований по проекту создания высокоточного эшелле-спектрографа с оптоволоконным входом для российского большого телескопа азимутального (БТА) Специальной астрофизической обсерватории (САО РАН: <http://www.sao.ru>). Наличие такого инструмента приведет к значительному расширению возможностей российских ученых в астрофизических

исследованиях. Список и обоснование этих возможностей, а также технические детали по проекту изложены в работе [1].

Основная задача спектрографа – поиск экзопланет. В связи с этим возникла необходимость в режиме спектрополяриметрических наблюдений, что привело к созданию нескольких оптических каналов, размещенных в навесной части спектрографа, с помощью которой будет организовано пространственное и спектральное разделение светового потока.

Постановка задачи. Спектрограф состоит из навесной части, оптоволоконного тракта и, собственно, эшелле-спектрографа, стационарно размещенного в специальном помещении вне телескопа. Навесная часть размещается в первичном фокусе БТА. Эта часть обеспечивает формирование пучков для ввода в оптоволокно и организует все необходимые режимы работы инструмента. Оптоволоконный канал представляет собой собранный в защитном кожухе жгут оптоволокон длиной 53 м. Канал предназначен для переноса света от звезд, собранного главным зеркалом телескопа, до щели спектрографа, где этот свет разлагается в спектр и регистрируется широкоформатной ПЗС-матрицей. В отличие от целевых схем спектральной аппаратуры, традиционно размещаемой непосредственно при штатных фокусах телескопов, такая концепция спектрографа обеспечивает ему наивысшую температурную и механическую стабильность.

Согласно требованиям [1], конструкция навесной части спектрографа должна обеспечивать основные режимы спектральных и спектрополяриметрических наблюдений звезд. Последний режим предполагает использование поляризационной оптики, которая в традиционной концепции [2, 3] раскладывает пучок света от исследуемых звезд на два ортогонально поляризованных пучка, формирующих два независимых канала в спектрографе. Это накладывает целый ряд специальных требований к оптической системе навесной части. Одним из этих требований является необходимость [3] организации до входа в оптоволокно отрезка с параллельным ходом лучей для размещения там поляризационного узла. Кроме того, наличие конверсионной оптики перед входом в оптоволокно необходимо для преобразования пучка с диафрагменным числом $k=4$ к менее светосильному – $k=30$ (обоснование этого преобразования см. также в [1]).

Конструкция и режимы работы конверсионной и поляризационной оптики навесной части схематично представлены в [1]. Конструкция обеспечивает три основных режима работы: режим традиционной спектроскопии с возможностью одновременного получения спектров объекта и фона, режим высокоточной спектроскопии и спектрополяриметрический режим. Все три режима требуют организации в навесной части двух независимых световых каналов. В случае обычной спектроскопии каналы организуются с использованием на входе двух диафрагм. При этом одна из диафрагм формирует канал со светом от изображения объекта, а другая либо канал фона неба в непосредственной близости от звезды, либо канал искусственного источника света от эталона для прецизионной калибровки по длинам волн. В случае спектрополяриметрических наблюдений световые каналы формируются поляризационной оптикой, которая, как уже объяснено выше, требует наличия параллельного хода лучей между оптическими элементами конверсионной оптики.

Режимы работы спектрографа.

1. Спектроскопический режим работы (рис. 1, а). В этом режиме работы пучок света от телескопа через полевую диафрагму падает на объектив 1. Объектив 1 коллимирует пучок от телескопа с диафрагменным числом $k=4$, который затем преобразуется к диафрагменному числу $k=30$ объективом 2. Организованный параллельный ход

лучей между объективами 1 и 2 предназначен для введения в него поляризметрической оптики для поляризационных измерений. После объектива 2 размещена йодная ячейка 3, которая позволяет получать эталонный спектр для калибровки по длинам волн. Далее свет падает на входной торец световода 4. Один оптоволоконный канал работает с угловым полем не более 2". Так как поле всей системы может достигать 8", возможно использование второго оптоволоконного канала для наблюдения фона около звезды или для получения эталонного спектра для калибровки по длинам волн.

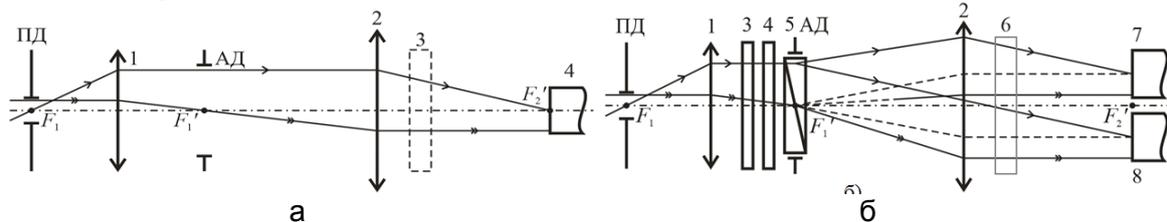


Рис. 1. Принципиальная схема работы спектрографа: спектроскопический режим (а); спектрополяризметрический режим (б)

2. Режим спектрополяризметрических наблюдений (рис. 1, б). В данном режиме в параллельный ход лучей после объектива 1 вводятся поляризационные пластинки 2 и 3, и поляризационный расщепитель 4. В качестве поляризационного расщепителя планируется использовать либо призму Волластона, либо пластину Саварра. В этом режиме происходит одновременное наблюдение спектров обыкновенного и необыкновенного лучей. Поляризационное устройство состоит из двух поляризационных пластинок $\lambda/2$ 3 и $\lambda/4$ 4, а также поляризационного расщепителя 5, который делит пучок на обыкновенный и необыкновенный лучи, разнося их в пространстве. Комбинация полуволновая пластина – расщепитель соответствует режиму наблюдений линейно-поляризованного света от звезд. Комбинация четвертьволновая пластина – расщепитель обеспечивает наблюдения круговой поляризации.

В сходящемся после объектива 2 пучке будет размещена йодная ячейка 6 и дополнительные оптические элементы для организации разных режимов работы.

Далее каждый из пучков лучей проецируется на соответствующий вход световодных каналов 7 и 8, собранных вместе на подвижной каретке.

Изначальная оптическая схема предоптоволоконной части спектрографа, предложенная специалистами САО РАН, не позволяла работать в режиме спектрополяризметрических измерений. Поэтому основная задача исследования состояла в разработке такой оптической системы, которая позволяет работать в обоих режимах, используя неизменную линзовую систему, путем внесения в ход лучей дополнительных элементов.

Конверсионная и поляризационная оптика спектрографа. После оптимизации исходной линзовой системы спектрографа была получена система, состоящая из двух компонентов: объектива 1 (мениск и склейка) и объектива 2 (склейка). Фокус первого компонента составляет 81,36 мм, фокус второго равен 551,3 мм, фокус всей системы равен 92 мм. При оптимальной величине поля в 1,5" размер изображения в плоскости входного торца оптоволоконного канала составляет 1,2 мм и полностью заполняет входную апертуру микролинзы оптоволоконного канала, без потерь света.

После рассмотрения нескольких вариантов композиции поляризационного модуля, было отдано предпочтение варианту, в котором в качестве поляризационного компонента была использована призма Волластона с преломляющим углом 1,5°, и углом разведения лучей $\varphi=0,517^\circ$ [4]. Данная схема позволяет использовать большой

задний отрезок для разведения поляризованных пучков на необходимое расстояние (в данном случае 4 мм – расстояние между торцами оптоволоконных входов каждого из световодных каналов). Такая компоновка позволяет использовать одну оптическую схему для работы во всех режимах, а также минимизирует потери света и удешевляет изготовление всего поляризационного блока.

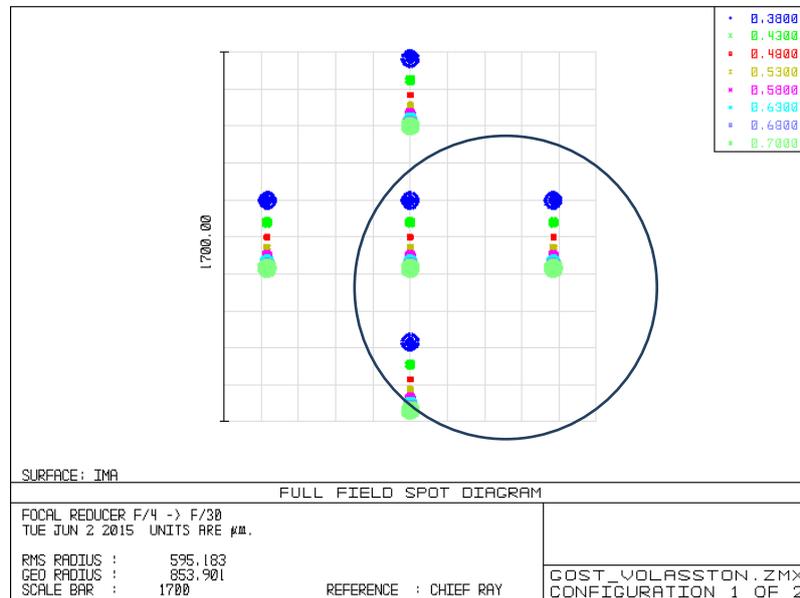


Рис. 2. Полное поле одного из двух поляризованных пучков (другой дает идентичные результаты)

Анализ пятен рассеяния каждого из поляризованных пучков для конечного варианта системы (рис. 2) показал, что оптическая схема, в целом, соответствует требованиям к качеству изображения и может быть использована в базовой схеме инструмента. В спектрополяриметрическом режиме работы система обладает хроматизмом в силу расходимости поляризованных пучков разных длин волн. Хроматическая аберрация растягивает в сагитальной плоскости изображение полуторасекундной диафрагмы от 1,305 мм до 1,7 мм. При прохождении пучков света через оптоволокно большой длины (десятки метров) хроматизм нейтрализуется, однако на входе в оптоволокно это «растяжение» приведет к примерно 5–7 процентным потерям света при согласовании входа в оптоволокно для работы с полуторасекундной диафрагмой.

Заключение. Представлено решение для оснащения оптоволоконного спектрографа высокого спектрального разрешения БГА поляризационной оптикой. Представленное решение является классическим и, в то же время, оптимальным как по цене, так и по качеству. Небольшой угол разведения лучей $\varphi=0,517^\circ$ компенсируется большим задним отрезком $S' = 600,3$ мм, что позволяет разделить поляризованные пучки на требуемое расстояние 4 мм. Такая компоновка позволила использовать одну оптическую схему для работы в разных режимах. Существенным достоинством данной системы является то, что полученная система позволяет работать в двух режимах, используя одну линзовую систему, путем ввода-вывода поляризационного узла. Так же к достоинствам можно отнести малую толщину поляризатора, которая обеспечивает незначительные потери света, обусловленные поглощением материала поляризатора и возможность беспрепятственной установки всей служебной оптики в сходящийся пучок лучей. Все другие, рассмотренные варианты системы, являются либо громоздкими (например, решение, основанное на использовании пластины Саварра),

либо не вписываются в требования универсальности использования линзовой системы для обеспечения всех требуемых режимов наблюдений. Фактически, в представленной системе присутствие некомпенсированного хроматизма является единственным недостатком. Однако хроматизм нейтрализуется при прохождении света через оптоволокно. Между тем, даже с учетом обозначенной проблемы представленная схема является рабочей и может быть использована в спектрополяриметрических и магнитометрических исследованиях.

Литература

1. Valyavin G.G., Bychkov V.D., Yushkin M.V., Galazutdinov G.A., Drabek S.V., Shergin V.S., Sarkisyan A.N., Semenko E.A., Burlakova T.E.; Kravchenko V.M., Kudryavtsev D.O., Pritychenko A.M., Kryukov P.G., Semjonov S.L., Musaev F.A., Fabrika S.N. High-Resolution Fiber-Fed Echelle Spectrograph For the 6-M Telescope. i. Optical Scheme, Arrangement, and Control System // Astrophysical Bulletin. – 2014. – V. 69. – № 2. – P. 224–239.
2. Bychkov V.D. Circular polarization analyzer for the coude focus of the 1-m telescope of the Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences. Design, parameters, and errors // Astrophysical Bulletin. – 2008. – V. 63. – № 1. – P. 83–94.
3. Strassmeier K.G., Hofmann A. and Woche M.F. Design study of the pepsi polarimeter for the Ibt // Astronomische Nachrichten. – 2002. – V. 323. – P. 510–519.
4. Шерклифф У. Поляризованный свет. Получение и использование. – М.: Мир, 1965. – 264 с.



Кукушкина Ольга Михайловна

Год рождения: 1991

Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии, группа № и6361

Направление подготовки: 240700 – Биотехнология продуктов
питания функционального назначения

e-mail: covadonga@mail.ru

УДК 631.07

ПОДБОР ВИДА И ДОЗЫ СИРОПА В ТВОРОЖНО-ЖЕЛЕЙНЫЙ ДЕСЕРТ «БЛАНМАНЖЕ»

О.М. Кукушкина

Научный руководитель – д.т.н., профессор Т.П. Арсеньева

Многослойный творожно-желейный десерт «Бланманже» состоит из нескольких составных частей: творога, сиропа, красного сухого вина, экстракта зеленого чая, желирующего агента пектина с сиропом.

Творог представляет собой кисломолочный белковый продукт, который производится путем сквашивания цельного пастеризованного нормализованного или обезжиренного молока с последующей операцией удаления из сгустка части сыворотки отпрессованной белковой массы. Значительное содержание в твороге полноценных белков, а также жира обуславливает его высокую пищевую и биологическую ценность.

Творог содержит большое количество кальция в легкоусваиваемой форме, а также все водо- и жирорастворимые витамины. Продукт способствует образованию

гемоглобина в крови, улучшает регенеративную способность нервной системы, укрепляет костную и хрящевую ткань, легко усваивается организмом.

В России с каждым годом увеличивается уровень ионизирующей радиации. Это связано с расширением сфер использования источников ионизирующего излучения (ИИИ) в различных сферах деятельности и эксплуатацией атомной энергетики. В частности, из-за естественных и техногенных ИИИ, проблема радиационной безопасности существует в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Среди многочисленных условий внешней среды, постоянно воздействующих на организм человека, фактору питания принадлежит наибольший удельный вес.

В связи с этим разработка нового десерта, обладающего радиопротекторными свойствами, является актуальной. На кафедре технологии молока и пищевой биотехнологии ведутся научные исследования по разработке состава творожно-желейного продукта. В его состав входят компоненты, обладающие свойствами выведения радионуклидов из организма человека.

На современном российском рынке представлен широкий выбор функциональных продуктов питания, однако с радиопротекторными свойствами – узкий спектр. Поэтому для инициативной разработки была выбрана данная тема.

Первоначально был выбран вид творога и его массовая доля жира. Творожная часть продукта обогащена ягодным сиропом и проходит вбивание воздуха в продукт, поэтому для получения лучшей взбитости мы берем творог мягкий диетический.

При разработке состава и технологии десерта «Бланманже» на начальном этапе осуществляли выбор творога с различными массовыми долями жира: обезжиренный, 5% и 11%. В результате использования малинового, вишневого, клубничного, с облепихой и с шиповником наполнителей по вкусу, запаху, консистенции и цвету был выбран творог с м.д.ж. 11%. Безалкогольный сироп на плодово-ягодном сырье «Алтайская облепиха» был выбран в виду его высоких лечебно-профилактических радиопротекторных свойств.

Ниже приведена табл. 1 со сведениями по пищевой ценности продукта.

Таблица 1. Пищевая ценность на 100 г

| Наименование показателя | Численные данные |
|-------------------------|------------------|
| Энергетическая ценность | 144 ккал |
| Белки | 8,5 г |
| Жиры | 11 г |
| Углеводы | 2,8 г |
| Сухие вещества | 20% |

Ранее был выбран зеленый чай и красное сухое вино. Приятный букет и выраженный аромат был получен при соотношении экстракта зеленого чая и красного сухого вина 1:1 (50 г: 50 г).

Сироп со вкусом «Алтайской облепихи» вносили в желейную часть продукта, чтобы придать ему не только приятный сладковатый вкус, но и для повышения биологической ценности продукта.

Концентрацию облепихового сиропа, вносимого в продукт, варьировали в разных долях от 40 до 48% с шагом в 2%.

Так как экстракт зеленого чая и красное сухое вино, используемые при производстве оригинального продукта «Бланманже», находятся в равном соотношении, то облепиховый сироп вносили в растворы в равных количествах.

Экспериментальные данные по влиянию концентрации сиропа «Алтайской облепихи» на показатели качества желе приведены в табл. 2.

Таблица 2. Влияние концентрации сиропа облепихи на показатели качества желе

| № опытного образца | Масса сиропа облепихи, г | Органолептические свойства экстракта зеленого чая/ красного сухого вина/ смеси двух растворов Вкус, аромат и цвет |
|--------------------------|--------------------------------|---|
| 1 | 40 | Преобладает привкус зеленого чая и красного сухого вина. Цвет: зеленоватый/фиолетовый |
| 2 | 42 | Недостаточно выраженный вкус и аромат облепихи. Цвет: зеленовато-коричнево/фиолетовый |
| 3 | 44 | Приятное сочетание чая, вина и хорошо выраженный вкус и аромат облепихи. Коричнево-фиолетовый оттенок. |
| 4 | 46 | Излишне выраженный вкус, аромат облепихи. грязно-фиолетовый оттенок |
| 5 | 48 | Чрезмерно выраженный вкус, аромат облепихи. Темно-фиолетовый оттенок |

Как видно из данных, приведенных в табл. 2 по органолептическим показателям оптимальной концентрацией сиропа «Алтайской облепихи» в 100 г творога является 44%.

На следующем этапе экспериментальных исследований осуществляли подбор сиропов с различными вкусами, вносимых в мягкий диетический творог с жирностью 11%.

Использовали сиропы со вкусами: клубничный, малиновый, с шиповником, вишневый и «Алтайской облепихой».

В зависимости от вида используемого сиропа, концентрацию варьировали разных долях от 20 до 30% с шагом в 2% по каждой.

В приведенных табл. 3–7 представлены данные по концентрации сахарных сиропов различных вкусов в 100 г продукта.

Таблица 3. Влияние концентрации вишневого сиропа на показатели качества творога

| № опытного образца | Масса вишневого сиропа, г | Органолептические свойства |
|--------------------------|---------------------------------|--|
| 1 | 20 | Чистый кисломолочный вкус и запах творога, неощутимый вкус наполнителя. Белый с кремовым оттенком цвет. Мягкая мажущаяся консистенция. |
| 2 | 22 | Слабо улавливаемый вишневый вкус и аромат, Белый с кремовым оттенком цвет. Консистенция мягкая мажущаяся |
| 3 | 24 | Недостаточно выраженный вишневый вкус и аромат, Белый с кремовым оттенком цвет. Консистенция мягкая мажущаяся |
| 4 | 26 | Хорошо выраженный вишневый вкус и аромат, консистенция мягкая мажущаяся, цвет блестящий розовый |
| 5 | 28 | Излишне выраженный вишневый вкус, аромат вишни, ярко розовый цвет, консистенция с незначительным выделением сиропа |
| 6 | 30 | Чрезмерно выраженный вкус, аромат вишни, ярко розовый цвет, консистенция с выделением сиропа |

Как видно из данных, приведенных в табл. 3 оптимальной концентрацией сиропа с вишней в 100 г творога является 26%.

Таблица 4. Влияние концентрации малинового сиропа на показатели качества творога

| № опытного образца | Масса малинового сиропа, г | Органолептические показатели |
|--------------------|----------------------------|---|
| 1 | 20 | Чистый кисломолочный вкус и запах творога, неощутимый вкус наполнителя. Белый с кремовым оттенком цвет. Мягкая мажущаяся консистенция |
| 2 | 22 | Слабо улавливаемый малиновый вкус и аромат, Белый с кремовым оттенком цвет. Консистенция мягкая мажущаяся |
| 3 | 24 | Недостаточно выраженный малиновый вкус и аромат, Белый с кремовым оттенком цвет. Консистенция мягкая мажущаяся |
| 4 | 26 | Хорошо выраженный малиновый вкус и аромат, консистенция мягкая мажущаяся, цвет блестящий розовый |
| 5 | 28 | Излишне выраженный малиновый вкус, аромат, ярко малиновый цвет, консистенция с незначительным выделением сиропа |
| 6 | 30 | Чрезмерно выраженный вкус, аромат малины, ярко малиновый цвет, консистенция с выделением сиропа |

Как видно из данных, приведенных в табл. 4 оптимальной концентрацией сиропа с малиной в 100 г творога является 26%.

Таблица 5. Влияние концентрации клубничного сиропа на показатели качества творога

| № опытного образца | Масса клубничного сиропа, г | Органолептические свойства |
|--------------------|-----------------------------|---|
| 1 | 20 | Слабо улавливаемый клубничный вкус и аромат. Белый с кремовым оттенком цвет. Консистенция мягкая мажущаяся |
| 2 | 22 | Недостаточно выраженный клубничный вкус и аромат, Белый с кремовым оттенком цвет. Консистенция мягкая мажущаяся |
| 3 | 24 | Хорошо выраженный клубничный вкус и аромат, консистенция мягкая мажущаяся, цвет блестящий розовый |
| 4 | 26 | Излишне выраженный вкус, аромат клубники, ярко розовый цвет, консистенция с незначительным выделением сиропа |
| 5 | 28 | Чрезмерно выраженный вкус, аромат клубники, ярко розовый цвет, консистенция с выделением сиропа |
| 6 | 30 | Приторный вкус, аромат клубники, консистенция с явным выделением жидкости |

Как видно из данных, приведенных в табл. 5 оптимальной концентрацией сиропа с клубникой в 100 г творога является 24%.

Таблица 6. Влияние концентрации сиропа шиповника на показатели качества творога

| № опытного образца | Масса сиропа шиповника, г | Органолептические свойства |
|--------------------|---------------------------|---|
| 1 | 20 | Слабо улавливаемый вкус и аромат шиповника. Белый с кремовым оттенком цвет, консистенция мягкая мажущаяся |

| № опытного образца | Масса сиропа шиповника, г | Органолептические свойства |
|--------------------|---------------------------|--|
| 2 | 22 | Недостаточно выраженный вкус и аромат шиповника, Белый с кремовым оттенком цвет, консистенция мягкая мажущаяся |
| 3 | 24 | Хорошо выраженный вкус и аромат шиповника, консистенция мягкая мажущаяся, цвет: блестящий коричневатый |
| 4 | 26 | Излишне выраженный вкус, аромат шиповника, ярко коричневый цвет, консистенция с незначительным выделением сиропа |
| 5 | 28 | Чрезмерно выраженный вкус, аромат шиповника, темно коричневый цвет, консистенция с выделением сиропа |
| 6 | 30 | Приторный вкус, аромат шиповника, консистенция с явным отделением жидкости |

Как видно из данных, приведенных в табл. 6 оптимальной концентрацией сиропа с шиповником в 100 г творога является 24%.

Таблица 7. Влияние концентрации сиропа облепихи на показатели качества творога

| № опытного образца | Масса сиропа облепихи, г | Органолептические свойства |
|--------------------|--------------------------|---|
| 1 | 20 | Чистый кисломолочный вкус и запах творога, неощутимый вкус наполнителя. Белый с кремовым оттенком цвет. Мягкая мажущаяся консистенция |
| 2 | 22 | Чистый кисломолочный вкус и запах творога, неощутимый вкус наполнителя. Белый с кремовым оттенком цвет. Мягкая мажущаяся консистенция |
| 3 | 24 | Слабо улавливаемый вкус и аромат облепихи, белый с кремовым оттенком цвет, консистенция мягкая мажущая |
| 4 | 26 | Недостаточно выраженный вкус и аромат облепихи. Белый с кремовым оттенком цвет, консистенция мягкая мажущая |
| 5 | 28 | Хорошо выраженный вкус и аромат облепихи, консистенция мягкая мажущаяся, цвет: блестящий оранжевый |
| 6 | 30 | Излишне выраженный вкус, аромат облепихи, ярко оранжевый цвет, консистенция с незначительным выделением сиропа |

Как видно из данных, приведенных в табл. 7 оптимальной концентрацией сиропа с вишней в 100 г творога является 28%.

Рекомендую в мягкий диетический творог вносить сиропы в следующих концентраций: вишневый – 26%, малиновый – 26%, клубничный – 24%, шиповника – 24%, облепихи – 28%, как видно из данных, представленных в табл. 3–7.

Продукт, содержащий в себе сироп с натуральным наполнителем обладает высокой пищевой и биологической ценностью, так как содержит в себе витамины, минеральные вещества, клетчатку, гемицеллюлозу, пектиновые вещества, и поэтому рекомендуется использовать их для создания новых составных молочных продуктов и блюд с молочно-белковой основой для функционального питания.

Разработанный продукт по составу и свойствам соответствует требованиям Федерального закона Российской Федерации от 12 июня 2008 г. № 88-ФЗ «Технический регламент на молоко и молочную продукцию».

Литература

1. Горбатова К.К. Физико-химические и биохимические основы производства молочных продуктов. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 346 с.
2. Лисовский В.А., Голощапов О.Д. Человек, экология, питание и здоровье. – Л.: Наука, 2002. – 208 с.
3. Полянский К.К., Кириллова Л.Г., Батищева Л.В. Десертные продукты с естественными радиопротекторами // Молочная промышленность. – 1998. – № 3. – С. 21.
4. Тихомирова Н.А. Современное состояние и перспективы развития продуктов функционального питания // Молочная промышленность. – 2009. – № 7. – С. 5–8.



Лакисова Татьяна Юрьевна

Год рождения: 1983

Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного
сырья, группа № иб353

Направление подготовки: 260100.68 – Продукты питания
из растительного сырья

e-mail: Lakisovatu@yahoo.com

УДК 663.8

КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ СОКОВ МЕТОДОМ ВЫМОРАЖИВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ

Т.Ю. Лакисова

Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.А. Матвеева

В общемировой практике концентрированные соки занимают достойное место среди видов сырья, позволяющих существенно снизить затраты производителя, экономя место и время, помогая создавать сырьевую базу, зависящую от урожайности плодов и ягод в тот или иной год [1].

Концентрированные соки не используются для прямого употребления в пищу – они применяются для изготовления сокодержущих напитков, нектаров и восстановленных соков, лимонадов на фруктовой основе; некоторые концентрированные соки также используются для улучшения цвета и аромата пищевых продуктов, в кулинарии и для подслащивания вин [2].

Помимо продуктов гидролиза некрахмалистых полисахаридов, углеводов и белков в концентрированных соках содержатся биологически активные соединения, благодаря чему концентрированные соки могут служить основой для разработки рецептур безалкогольных напитков функционального назначения, потребление которых оказывает позитивное, регулирующее воздействие на функции различных органов и систем организма [3].

Актуальность темы исследования. Производство концентрированных плодово-ягодных соков Северо-Западного региона России является актуальной задачей, так как частично решает проблему импортозамещения растительного сырья, а также исключает зависимость от поставок концентрированных соков из-за рубежа и расширяет ассортимент отечественных концентрированных соков для использования из в

разработке рецептур и технологий безалкогольных функциональных напитков, продуктов детского питания, кондитерской промышленности. **Целью работы** стало получение концентрированных плодово-ягодных соков методом вымораживания с применением ферментных препаратов пектолитического действия из сырья Северо-Западного региона России и изучение влияния ферментных препаратов пектолитического действия на физико-химические показатели соков.

Поставленные задачи:

- оценить состояние и тенденции развития сегмента плодово-ягодных соков по анализу литературных источников;
- подобрать объекты исследования и определить соответствующие методы изучения;
- определить физико-химические показатели исходных соков, полученных при обработке плодово-ягодной мезги ферментными препаратами пектолитического действия;
- сравнить и выбрать пектолитические ферментные препараты, способствующие максимальному увеличению выхода сока;
- подобрать способ ферментативной обработки плодово-ягодной мезги и времени ее выдержки;
- подобрать соответствующую дозу внесения ферментного препарата пектолитического действия для каждого образца исследуемого плодово-ягодного сырья;
- исследовать влияние пектолитических ферментных препаратов на начальную (криоскопическую) и конечную температуры вымораживания сока
- определить содержание витамина С в процессе концентрирования соков.

Научная новизна. Изучено влияние ферментных препаратов пектолитического действия на физико-химические показатели концентрированных плодово-ягодных соков, полученных методом вымораживания.

Используемое плодово-ягодное сырье:

- яблоки сорта «Антоновка»;
- слива сорта «Венгерка»;
- клюква четырехлепестная (болотная);
- арония черноплодная.

При выборе способа концентрирования руководствовались тем, чтобы изменения химического состава были минимальными. По этому принципу использовали метод криоконцентрирования (вымораживания). Преимущества: продукт претерпевает минимальные изменения, энергозатраты при вымораживании меньше, чем при выпаривании, возможно получение сока концентрации 50–55% [4].

Для увеличения выхода продукта и снижения вязкости за счет расщепления межклеточной структуры плода использовали ферментные препараты пектолитического действия, способные разрушать растворимый пектин и его предшественник – нерастворимый протопектин, производимые фирмой Erbslön Geisenheim AG.

Были подготовлены образцы мезги из перечисленного плодово-ягодного сырья, выбраны ферментные препараты для каждого вида сырья и их оптимальная доза.

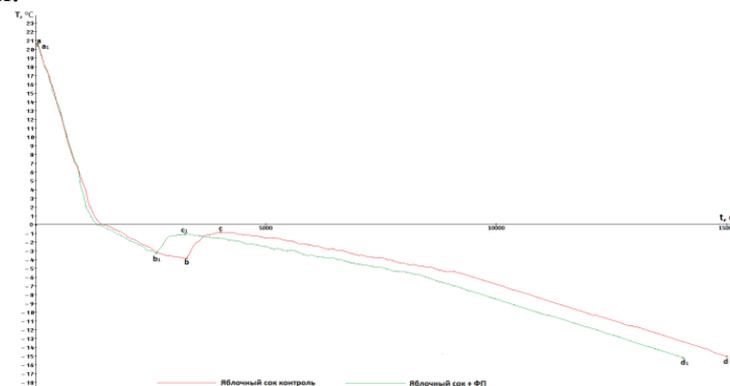
В рамках работы определяли массовую долю влаги в сырье методом высушивания; массовую концентрацию общего экстракта в плодово-ягодных соках рефрактометрическим методом, содержание общего экстракта в свежем и плодово-ягодном сырье, общую кислотность, вязкость, оптическую плотность соков.

Определены начальная и конечная температуры замерзания соков и построены термограммы криоконцентрирования. Исследуемые соки охлаждали в жидкостном криотермостате в интервале температур (от +20 до -8°C). Показания снимали 1 раз в минуту с электронного термометра с ценой деления $0,1^{\circ}\text{C}$, в области криоскопической точки через 20–30 с.

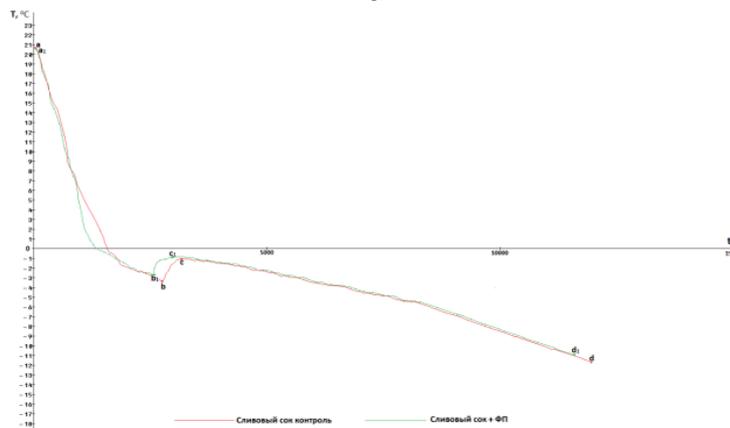
Результаты эксперимента обработаны математическим методом в программах CurveExpert и Microsoft Excel и сравнивали с контрольными образцами исходных соков без применения ферментных препаратов.

По результатам исследования установлено, что наилучшие показатели по выходу соков, вязкости и оптической плотности получены при обработке образцов мезги:

- для яблок «Антоновка» пектолитическим ферментным препаратом Фруктоцим МА: выход сока – на 32% больше, вязкость – на 8% уменьшилась, оптическая плотность в ~ 4 раза меньше по сравнению с контрольным образцом;
- для сливы «Венгерка» пектолитическим ферментным препаратом Фруктоцим П6-Л: выход сока – на 41% больше, вязкость на – 9% уменьшилась, оптическая плотность в ~ 3 раза меньше по сравнению с контрольным образцом;
- для сока клюквы четырехлепестной (болотной) пектолитическим ферментным препаратом Фруктоцил П6-Л: выход сока – на 39,8% больше, вязкость – на 10% ниже, оптическая плотность в $\sim 1,5$ раза меньше по сравнению с контрольным образцом;
- для сока аронии черноплодной пектолитическим ферментным препаратом Фруктоцим П: выход сока – на 16,5% больше, вязкость – на 8% ниже, оптическая плотность в $\sim 1,3$ раза меньше по сравнению с контрольным образцом.



а



б

Рис. 1. Термограммы вымораживания: яблочного сока, обработанного пектолитическим ферментным препаратом Фруктоцим МА (а); сливового сока, обработанного пектолитическим ферментным препаратом Фруктоцим П6-Л (б)

Установлена оптимальная доза внесения подобранных ферментных препаратов – 0,03% от массы мезги. Установлено, что пектолитические ферментные препараты Фруктоцим МА, Фруктоцим П6-Л и Фруктоцим П повышают температуру начала кристаллизации и сокращают время процесса получения концентрированных соков методом криоконцентрирования, что сокращает энергозатраты.

Процесс вымораживания соков, обработанных ферментным препаратом пектолитического действия изображен на термограммах вымораживания (рис. 1 и 2).

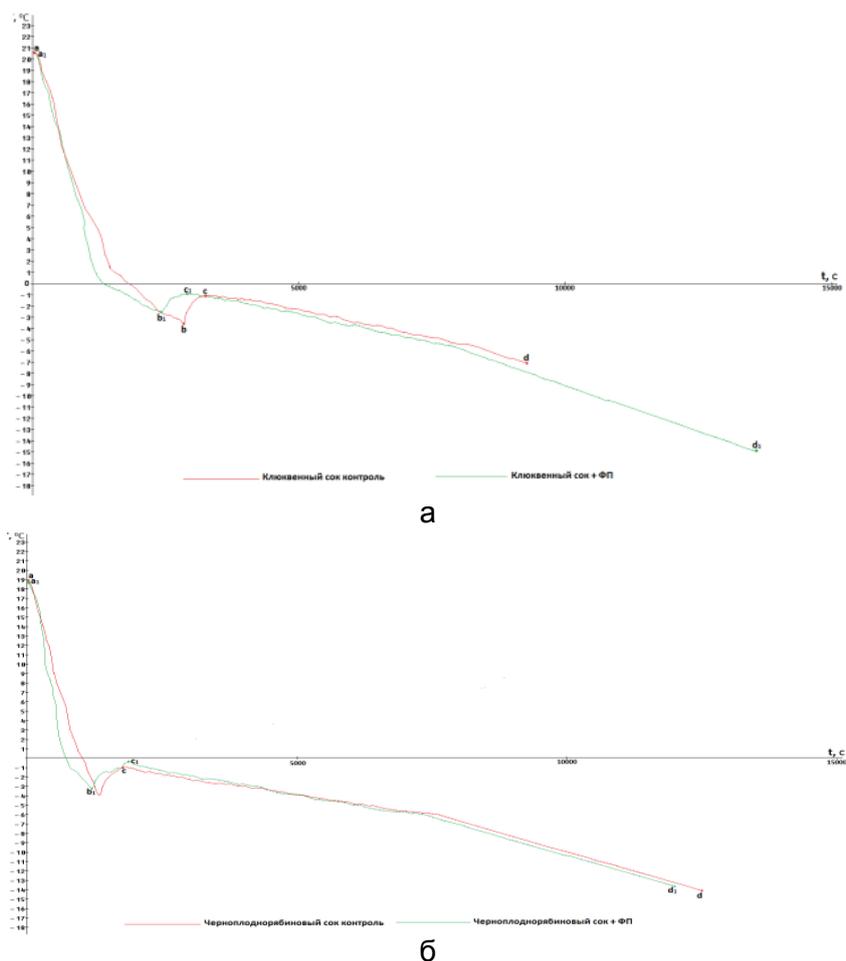


Рис. 2. Термограммы вымораживания: клюквенного сока, обработанного пектолитическим ферментным препаратом Фруктоцим П6-Л (а); черноплоднорябинового сока, обработанного пектолитическим ферментным препаратом Фруктоцим П (б)

Из анализа термограмм можно сделать вывод о том, что применение ферментных препаратов пектолитического действия повышает температуру начала кристаллизации (криоскопическую точку). Результаты эксперимента обрабатывали математическим методом в программах CurveExpert Mathcad и Microsoft Excel.

Для количественного определения содержания витамина С производился отбор проб при начальной температуре кристаллизации (криоскопической температуре), при температуре, равной -6°C , и при конечной температуре вымораживания.

Установлено, что наиболее обогащенный витамином С, является сок из клюквы четырехлепестной (болотной), обработанной ферментным препаратом пектолитического действия Фруктоцим П6-Л и составляет ≈ 25 мг/100 г. С понижением температуры вымораживания плодово-ягодных соков прямого отжима, содержание витамина С увеличивается.

Полученные результаты исследования могут быть использованы в производстве концентрированных соков и для разработки рецептур безалкогольных напитков функционального назначения.

Литература

1. Качурина И.И., Лакисова Т.Ю., Матвеева Н.А. Концентрирование соков вымораживанием. Влияние ферментных препаратов на температуру замерзания соков // Отраслевой научно-практический журнал Индустрия Напитков. – 2013. – № 5(94). – С. 14–20.
2. Матвеева Н.А., Лакисова Т.Ю. Производство концентрированных соков методом вымораживания // Материалы к VI международной научно-технической конференции. – 2013. – № 1. – С. 569–571.
3. Матвеева Н.А., Лакисова Т.Ю. Концентрирование сливового сока методом вымораживания // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2014. – № 2(20). – С. 123–134.
4. Шобингер У. Фруктовые и овощные соки научные основы и технологии / Пер. с нем. под общ. науч. ред. А.Ю. Колесникова, Н.Ф. Берестеня и А.В. Орещенко. – СПб.: Профессия, 2004. – 640 с.



Магдиева Раиса Ринатовна

Год рождения: 1992

Естественнонаучный факультет, кафедра интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере, группа № 6709

Направление подготовки: 230700 – Прикладная информатика

e-mail: raisy@mail.ru

УДК 004.9

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ПОТОКА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СТАНДАРТНЫХ ЗАКАЗОВ НА ПОЛИГРАФИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ «ЦИФРА»

Р.Р. Магдиева

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Н. Шиков

Информационные технологии не обошли стороной полиграфию. В первую очередь компьютеризация коснулась тех отделов и служб, которые отвечают за прием заказов и допечатную подготовку. При правильном применении информационных технологий для регулирования рабочего потока можно существенно снизить процент затрачиваемых сил и времени в рамках организации управленческих процессов, который сейчас составляет около 45%. Автоматизация операций обеспечивает эффективное выполнение сотрудниками различных подразделений типографии своих основных обязанностей.

Целью исследования являлось определение и экспериментальная проверка возможности решения проблем современной информационной системы автоматизации рабочего потока полиграфического предприятия «ЦИФРА».

В рамках исследования было установлено, что представляют собой информационные системы в полиграфии, какие задачи они выполняют, какие

существуют сложности при их разработке или введении в эксплуатацию. Так, например, крупные компании, внедряя известные системы, вынуждены полностью или частично изменять весь процесс работы и внутреннее устройство предприятия. Так как эффективность системы управления непосредственно зависит от структурной организации предприятия. И неверно организованная структура в лучшем случае будет замедлять работу, а в худшем – способствовать возникновению ошибок, приводить к увеличению накладных расходов, технологическим и финансовым потерям [1].

В то же время, при самостоятельном построении системы предприятие занимается реализацией именно тех функций, которых необходимы для его деятельности, существенно сокращая стоимость и время разработки. Также при этом разработка может вестись без дополнительных изменений устоявшегося процесса работы и остановки выполнения заказов.

Задачи, решаемые с помощью внедрения информационной системы на полиграфическом предприятии, можно разделить на четыре основные группы:

1. повышение операционной эффективности;
2. стандартизация бизнес-процессов;
3. управленческий и финансовый анализ;
4. координация взаимодействия.

Однако следует помнить, что информационная система – это лишь инструмент для повышения эффективности управления предприятием, но всякий инструмент сам по себе всех проблем не решает.

Существует некоторое количество информационных систем в полиграфии, которые стали популярными и доказали свою эффективность. Разумеется, у них имеются как достоинства, так и недостатки. В рамках работы для анализа и сравнения были выбраны аналоги – информационные системы, разработанные для различных полиграфических предприятий: «Apler Quick Print», «Hiflex», «PrintEffect», «Max Print System», «Simple Print» и «Адьютант».

Были исследованы характеристики информационных систем, по которым был проведен обзор аналогов, а также их сравнительный анализ с использованием критериев, разработанных на основе изученных характеристик.

По результатам сравнительного анализа информационная система «Hiflex» являлась приоритетной в силу доступности пользователям разных платформ, наличию готовых шаблонов и справочников по технологиям и операциям в полиграфии, исполнению практически всех функциональных требований и высоком уровне безопасности. К сожалению, как было установлено, поддержка системы была прекращена в 2013 году [2].

Был проведен анализ информационной системы «Print-on-Demand» («POD»), используемой сотрудничеством предприятий «ЦИФРА» и «SmartPrinting» при выполнении стандартных заказов. В рамках сравнительного анализа она расположилась на втором месте, отчасти благодаря использованию технологии «веб-печатная машина» («Web-to-Print»), гибкой архитектуре, максимально упрощенному управлению, отсутствию ограничений на количество пользователей, наличию ролей и гибким настройкам их доступов.

Были рассмотрены ключевые элементы рабочего потока предприятия «ЦИФРА», описаны причины возникновения проблем и предполагаемые варианты их решения. Подробно разобрано решение одной из проблем, связанной с эффективностью использования оборудования для выполнения различных заказов одновременно, которое заключается в разработке и внедрении технологии автоматизированного создания сборных тиражей.

Сборный тираж – способ изготовления некоторой группы заказов при помощи офсетной печати, который позволяет оптимизировать качество, сроки и стоимость, а также минимизировать издержки.

Была исследована технология офсетной печати, выделены ее преимущества и отмечены недостатки. Важным недостатком является нерентабельность печати для малых тиражей в связи с высокой стоимостью допечатной подготовки. Если тираж заказа меньше 1000 экземпляров, а на приладку в среднем уходит до 500 листов, его изготовление с помощью офсета может быть нерациональным [3]. В рамках изготовления рекламной и коммерческой продукции тиражи за последние годы стремительно уменьшились, поэтому этот недостаток становится актуальной проблемой для предприятий.

Автоматизация процесса создания сборных тиражей является возможным способом решения проблемы эффективности использования оборудования для выполнения различных заказов одновременно, проблемы организации выстраивания очереди на производстве, способом сокращения издержек.

Пример макета сборного тиража представлен на рис. 1, на котором вместо большинства макетов изделий для наглядности группировки форматов и поворотов изделий между собой вставлены базовые изображения с номерами и параметрами форматов.



Рис. 1. Пример макета для изготовления печатной формы

Была исследована технология формирования макетов сборных тиражей, описана проблема их алгоритмизации, заключающаяся в том, что все алгоритмы задач оптимизации раскроя сводятся к тому, как раскроить один лист. Но в рамках офсетной печати одним листом заказ не ограничивается, а алгоритм не учитывает самый главный критерий – тиражность полученного «раскроя».

Автоматизация сборных тиражей предполагала создание специального инструмента – модуля для информационной системы «POD», с помощью которого менеджер смог бы быстро и эффективно из имеющегося списка заказов подготавливать макеты сборных тиражей. Приоритетом автоматизации являлась не полная замена менеджера сборных тиражей, но помощь в выполнении его обязанностей, оптимизация результата, заключающаяся в экономии материала и затрат на печать. Были сформулированы правила и требования, а также задачи модуля. Для его реализации необходимо разработать алгоритм автоматизированного создания сборных тиражей, который смог бы создать и перебрать варианты раскладок сборных тиражей и определить оптимальные – с минимальным отходом бумаги.

В рамках работы был спроектирован и смоделирован ручной процесс создания сборных тиражей, легший в основу алгоритма их автоматизированного создания. Разработанный алгоритм был реализован в рамках разработки модуля «POD Offset», используя который необходимо было собрать и проанализировать данные по использованию автоматизированных сборных тиражей, с целью определения и доказательства успешности этого решения проблем автоматизации с последующим внедрением модуля непосредственно внутрь информационной системы «POD» для использования в рабочем потоке предприятия «ЦИФРА».

Диаграмма IDEF0 уровня A2 модели автоматизированного создания сборных тиражей представлена на рис. 2.

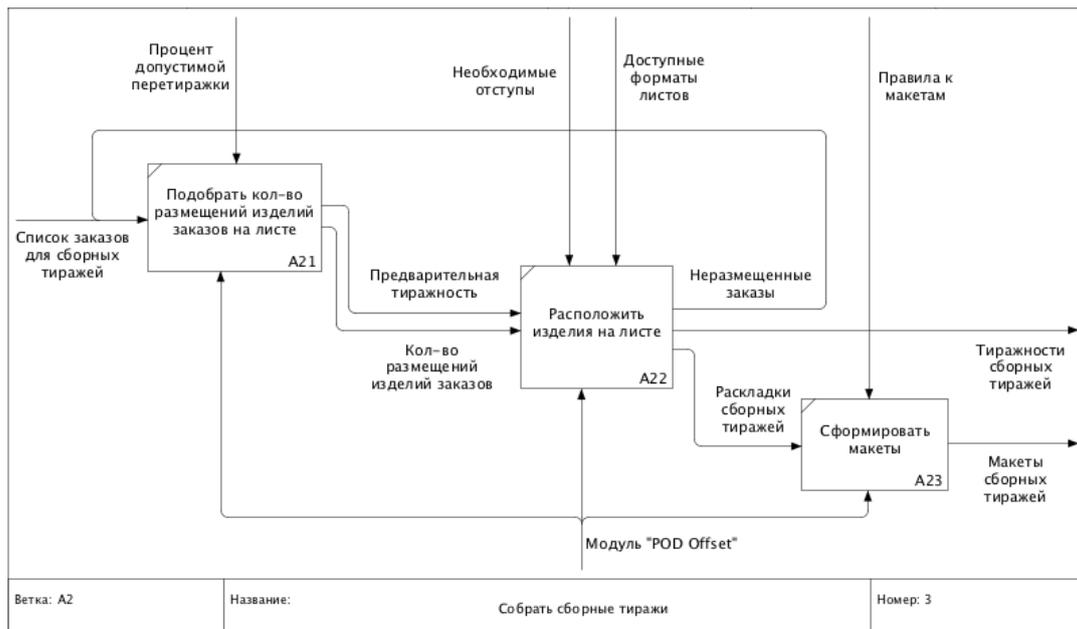


Рис. 2. Уровень A2 – собрать сборные тиражи

Важным отличием автоматизированного процесса становится то, что «Неразмещенные заказы», являющиеся одними из выходных данных блока A22, возвращаются на вход блока A1, запуская цикличность. Таким образом, результатом автоматизированного создания сборных тиражей является множество макетов сборных тиражей.

Был изучен экономический аспект использования офсетной печати и сборных тиражей, проведен сбор и анализ экспериментальных статистических данных. Были получены списки заказов сборных тиражей, а также результаты их ручной раскладки менеджерами предприятия «ЦИФРА». Соответствующие заказы вносились в модуль «POD Offset», запускалось автоматизированное создание сборных тиражей, изучались результаты. Для расчета и сравнения экономической выгоды или убытков автоматизации был разработан алгоритм проверки экономической выгоды.

Были собраны 153 сборных тиража, включающие в себя 5799 заказов.

Из них:

- 100 – собраны с одинаковым количеством макетов одного формата и соответствующими тиражами;
- 22 – выгоднее автоматизированная сборка;
- 31 – выгоднее ручная сборка.

При этом экономическая выгода 22 сборных тиражей по сравнению с ручными сборками составила 220 235 руб. Убытки или же издержки для 31 сборных тиража

относительно ручного создания составили 125 083 руб. После вычета издержек, результирующая выгода составила 95 152 руб.

Результаты анализа экспериментальных статистических данных успешны, выгода от использования модуля с целью автоматизации сборных тиражей на предприятии сохраняется с учетом издержек. Это доказывает эффективность модуля «POD Offset», он решает выделенные проблемы автоматизации рабочего потока предприятия «ЦИФРА». Кроме того, снижается нагрузка на менеджера сборных тиражей, количество сборных тиражей в день может повышаться до границ производительности оборудования предприятия без дополнительных затрат на штат сотрудников.

В ходе исследования была достигнута цель, поставленная перед началом работы, а именно: определена и экспериментально проверена возможность решения проблем современной информационной системы для автоматизации рабочего потока полиграфического предприятия «ЦИФРА».

Полученные в рамках исследования результаты являются достаточными для подтверждения гипотезы исследования, которая заключалась в предположении, что информационная система «POD» представляет собой пример наилучшего варианта автоматизированной системы для полиграфических предприятий при учете решения выявленных проблем. Модуль «POD Offset» рекомендуется к внедрению в информационную систему «POD» для использования на предприятии «ЦИФРА».

Литература

1. Иванов П.К., Самарин Ю.Н. Автоматизированные информационно-управляющие системы в полиграфии // КомпьюАрт. – 2007. – № 3. – С. 51–55.
2. Михеева О. Грамотный выбор АСУ – ключ к успеху // Печатный бизнес [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pechatnick.com/articles/gramotnii-vibnor-asy---kluch-k-uspehu>, своб.
3. Часто задаваемые вопросы об офсетной печати // КомпьюАрт. – 2003. – № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.compuart.ru/article.aspx?id=8354&iid=337>, своб.



Маматов Александр Геннадьевич

Год рождения: 1992

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра электротехники и прецизионных электромеханических систем, группа № 6166

Направление подготовки: 140400 – Электроэнергетика
и электротехника

e-mail: franchesko13@gmail.com

УДК 681.5.015

СОЗДАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КВАДРОКОПТЕРА В СРЕДЕ MATLAB/SIMSCAPE И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЕГО СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

А.Г. Маматов

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Г. Ильина

В последнее десятилетие широкое распространение получили многороторные беспилотные летательные аппараты, так называемые мультикоптеры. Наиболее распространенным видом мультикоптеров является квадрокоптер – вертолет с четырьмя винтами, расположенными симметрично друг другу. Достоинствами данного класса беспилотных аппаратов являются высокая маневренность, небольшой размер,

хорошая управляемость. Квадрокоптер является самым маневренным вертикально взлетающим летательным аппаратом [1]. Положение квадрокоптера в пространстве определяется углами крена тангажа и рыскания, а также линейными координатами центра масс. Управление квадрокоптером осуществляется путем изменения скорости вращения винтов и соответствующего изменения создаваемой ими подъемной силы. Как объект управления квадрокоптер является многоканальной нелинейной динамической системой [1]. Одним из важнейших требований, предъявляемых к данному классу летательных аппаратов, является стабилизация на заданной высоте. Сложность построения системы управления, способной решать эту задачу, заключается в том, что квадрокоптер имеет шесть степеней свободы, а управление может осуществляться только четырьмя параметрами – скоростями вращения винтов [2]. В связи с этим существует потребность в математической модели, способной с достаточной точностью описать поведение данного летательного аппарата при полете.

Целью работы являлись разработка математической модели квадрокоптера, максимально приближенной к реальному устройству, и проектирование системы управления, решающей задачу стабилизации летательного аппарата в воздухе на заданной разработчиком высоте.

Классическим подходом к решению данной задачи является описание динамики движения летательного аппарата как совокупности поступательного движения его центра масс и вращательного движения вокруг центра масс. Указанная модель составляется с помощью уравнений Ньютона–Эйлера или Эйлера–Лагранжа [3, 4]. Далее в модель вводятся аэродинамические эффекты, такие как эффект лобового сопротивления, экранный эффект и т.д., позволяющие приблизить поведение модели к реальному летательному аппарату [4]. Недостатком такого подхода является достаточная сложность математических преобразований, присущая каждому из них, что значительно усложняет аналитический синтез системы управления. Кроме того, системы управления, реализованные на основе подобных моделей, структурно не соответствуют системам управления реальных летательных аппаратов, что усложняет их реализацию на практике.

В настоящей работе предлагается подход к построению математической модели квадрокоптера, основанный на возможности интеграции системы автоматического проектирования SolidWorks со средой MATLAB/Simscapе, позволяющей импортировать в MATLAB трехмерные модели объектов, с сохранением геометрических и массогабаритных параметров модели [5]. Указанная возможность позволяет в некоторых случаях отказаться от стандартного математического описания объектов управления, визуализировать процесс моделирования разрабатываемых электромеханических систем. Также среда MATLAB/Simscapе позволяет детализировать систему управления летательного аппарата, структурно приближая ее к системе управления реальных объектов.

При выполнении работы были поставлены следующие задачи:

- построение трехмерной модели в системе автоматического проектирования SolidWorks;
- импортрование трехмерной модели квадрокоптера в среду MATLAB/Simscapе с помощью расширения SimMechanics и модификация модели для последующего построения системы управления;
- проведение исследования подъемной силы винтов квадрокоптера с помощью моделирования в среде SolidWorks, а также с помощью экспериментального стенда и сравнение полученных результатов;
- синтез системы управления, обеспечивающей стабилизацию летательного аппарата на заданной высоте;

– моделирование разработанной системы в среде MATLAB/Simscapе.

В качестве объекта управления рассматривается опытный образец мини-квадрокоптера, собранный на кафедре ЭТиПЭМС Университета ИТМО.

В реальном объекте управления для измерения координат аппарата, необходимых для синтеза системы стабилизации (высота, крен, тангаж, рыскание) в качестве датчиков используются гироскоп, акселерометр, магнитометр и барометр. Регуляторы реализуются на микроконтроллере, входящем в состав платы, так называемого полетного контроллера. Сигналы управления с микроконтроллера поступают на регуляторы скорости (инверторы), которыми регулируется напряжение питания двигателя. В малых мультироторных системах, как правило, используются бесколлекторные двигатели с внешним ротором. Силовое питание всей системы производится от литий-полимерного аккумулятора.

Для создания математической модели исследуемого квадрокоптера в среде SolidWorks реализуется трехмерная модель, основанная на массогабаритных и геометрических параметрах летательного аппарата. Полученная модель представлена на рис. 1. Основными элементами являются рама, двигатели, втулки, для присоединения двигателей к раме, пропеллеры.

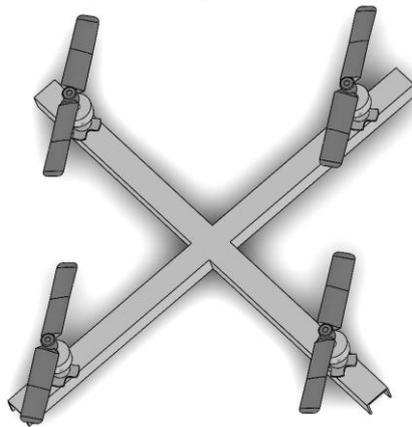


Рис. 1. Трехмерная модель квадрокоптера в среде SolidWorks

Полученная модель импортируется в среду MATLAB/Simscapе с помощью приложения SimMechanics.

Для упрощения построения модели, рама, втулки и двигатели соединяются между собой как единое целое. Для подключения винтов используется блок механической связи «Revolute» соответствующий вращению вокруг оси z .

Полет квадрокоптера обеспечивается подъемной силой, создаваемой винтами летательного аппарата. Соответственно для корректной работы модели квадрокоптера, необходимо производить вычисление подъемной силы в каждый момент времени. Для этого в каждый момент времени должна быть известна скорость вращения электродвигателя, а также должно быть однозначно определено значение коэффициента тяги винта. В настоящей работе предложены два метода определения данной величины – с помощью моделирования системы в SolidWorks, а также экспериментальный, предусматривающий измерения тяги винта с помощью электронных весов, а скорости вращения с помощью оптопары и осциллографа.

Коэффициенты, полученные с использованием обоих методов, совпадают с точностью порядка 10%. На основании результатов данного исследования производился корректный выбор пропеллеров для реального летательного аппарата.

Модель квадрокоптера, разработанная в среде MATLAB/Simscapе, структурно состоит из нескольких основных блоков: блок механической части, блок системы

управления, блок электрических двигателей, блок измерения координат, блок расчета внешних сил, блок стартовой площадки.

Система управления модели летательного аппарата содержит четыре канала управления – по крену, тангажу, рысканию и высоте. Каждый из каналов состоит из двух контуров с пропорционально-интегрально-дифференциальными регуляторами, внутреннего, осуществляющего регулирование по скорости изменения координаты и внешнего, осуществляющего регулирование непосредственно по координате.

Сигналы управления с каждого из каналов подаются на определенные двигатели, изменением скорости которых осуществляется регулирование соответствующих координат.

Настройка регуляторов осуществляется с помощью средств, представленных в рамках MATLAB, основанных на автоматической идентификации и линеаризации объекта управления.

На рис. 2 представлен сигнал, соответствующий высоте полета разработанной математической модели квадрокоптера, при ступенчатом сигнале задания амплитудой 0,3 м, ступенчато возрастающем до 0,6 м, в момент времени равный 8 с.

В результате выполнения настоящей работы была разработана визуализированная модель квадрокоптера в среде MATLAB/Simscapе с системой управления, обеспечивающей стабилизацию летательного аппарата на заданной высоте.

Проведено исследование подъемной силы винтов, позволяющее определить коэффициент, связывающий подъемную силу и скорость вращения винтов, необходимый для построения системы управления. Предложено два возможных метода проведения указанного исследования, по результатам которых сделан вывод о корректности использования обоих предложенных методов.

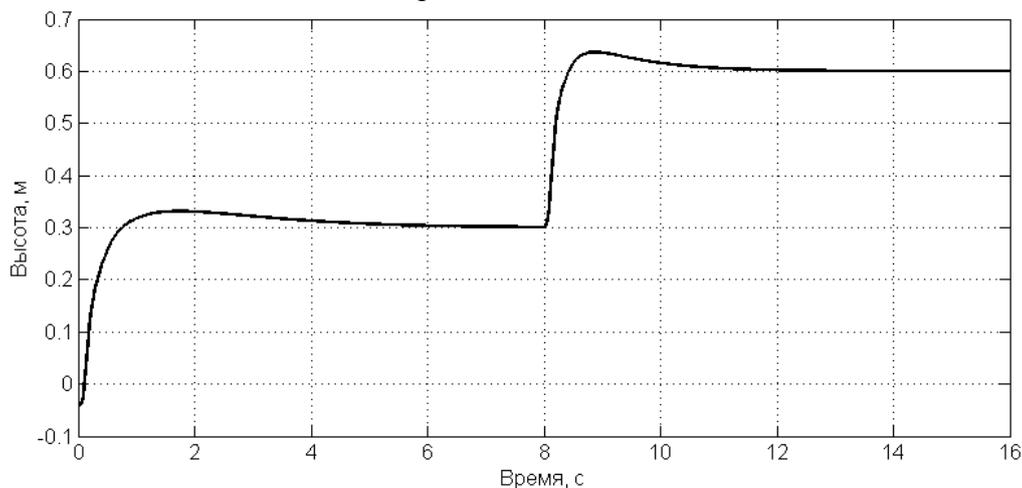


Рис. 2. Высота полета математической модели квадрокоптера

К достоинствам представленного в работе подхода к построению математической модели и синтезу системы управления квадрокоптера можно отнести:

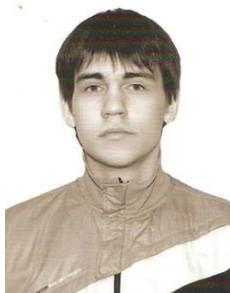
- визуализацию работы разрабатываемой системы;
- соответствие массогабаритных и инерционных характеристик модели реальному устройству, возможное за счет интеграции со средой SolidWorks;
- отсутствие математических выкладок, присущих стандартным подходам к построению математической модели квадрокоптера;
- простота настройки регуляторов;
- детализация работы системы, максимально приближающая ее к реальному устройству.

Предполагается, что данный подход может быть применен для синтеза систем управления более сложных электромеханических систем.

Дальнейшие исследования предполагают синтез системы управления, обеспечивающей требуемое линейное движение летательного аппарата, а также использование настоящей модели для построения системы управления на реальном устройстве.

Литература

1. Пыркин А.А., Мальцева Т.А., Лабадин Д.В., Суров М.О., Бобцов А.А. Синтез системы управления квадрокоптером с использованием упрощенной математической модели // Изв. вузов. Приборостроение. – 2013. – Т. 56. – № 4. – С. 47–52.
2. Белинская Ю.С., Четвериков В.Н. Управление четырехвинтовым вертолетом // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2012. – № 5. – С. 157–171.
3. Bouabdallah S. Design and control of quadrotors with application to autonomous flying [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.researchgate.net/publication/37439805_Design_and_control_of_quadrotors_with_application_to_autonomous_flying, своб.
4. Luukkonen T. Modelling and control of quadcopter [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sal.aalto.fi/publications/pdf-files/eluu11_public.pdf, своб.
5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mathworks.com/products/simmechanics>, своб.



Моисеев Евгений Анатольевич

Год рождения: 1992

Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра оптико-электронных приборов и систем, группа № 6314

Направление подготовки: 200400 – Опотехника

e-mail: eugen.moiseev@gmail.com

УДК 004.352.2

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА БИОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДОСТУПА

Е.А. Моисеев

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Горбачев

В настоящее время для предоставления доступа большому потоку людей на закрытые объекты используются системы контроля и управления доступом (СКУД). Идентификаторами для данных систем являются различные технические средства, такие как бесконтактные Smart-карты, Wiegand-карты и др. Но в эпоху прогресса информационных технологий, когда для профессионалов «взломать» любую защиту не составляет труда, требуются особые идентификаторы для подобных систем. Именно такими идентификаторами являются некоторые характеристики нашего организма: отпечаток пальцев, форма ладони, голос, сетчатка и т.д.

Целью работы являлись исследование и разработка биометрической системы контроля доступа (СКД), основанной на сканировании и распознавании папиллярного узора пальца.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- исследовать существующие биометрические СКД и выбрать аналог разрабатываемой системы;
- разработать структурную схему и описать алгоритм работы СКД;
- исследовать особенности источников и приемников излучения в видимом диапазоне для выбора наиболее подходящих в качестве элементов оптической схемы, разрабатываемой СКД;
- исследовать варианты и рассчитать оптимальное расположение источников излучения для создания равномерного освещения контактной панели СКД;
- провести габаритно-энергетический расчет СКД на основании выбранных элементов;
- исследовать возможность реализации оптической схемы, разрабатываемой СКД на основании проведенного габаритно-энергетического расчета, разработать принципиальную оптическую схему СКД;
- разработать конструкцию СКД и на ее основании собрать лабораторный макет;
- исследовать существующие методы распознавания отпечатков пальцев, выбрать оптимальный, и на его основе в среде MATLAB разработать алгоритм обработки и сравнения изображений отпечатков пальцев.

На данный момент на современном рынке представлены несколько типов биометрических систем контроля и управления доступом, а именно системы, основанные на сканировании отпечатков пальцев, системы распознавания формы лица и формы руки, системы, сканирующие радужную оболочку глаза, а также системы, распознающие расположение вен пальцев или ладоней.

Среди представленных типов сканеров биометрические датчики, основанные на сканировании отпечатков пальцев, обладают низкой стоимостью. Они просты в реализации, имеют хорошие показатели, а также низкую погрешность, поэтому в качестве разрабатываемой системы выбран данный тип систем контроля и управления доступом.

Основой оптико-электронной биометрической системы контроля доступа является видеокамера (ВК), которая, в свою очередь, состоит из оптической системы (объектива) и приемника оптического излучения (ПОИ). Также в состав системы входит контактная панель (КП), подсветка (источники излучения), устройство обработки и вывода информации (УОВИ) и блока питания (БП). Алгоритм работы данной системы состоит из четырех этапов.

1. Происходит загрузка биометрических данных человека, личность которого требуется идентифицировать. Для этого человек прикладывает палец к контактной панели, которую с другой стороны освещает источник излучения. Отражаясь, свет попадает через оптическую систему на приемник оптического излучения.
2. Происходит обработка полученных данных. В блоке обработки и вывода информации полученное изображение обрабатывается с помощью специального алгоритма. Данный алгоритм состоит из нескольких операций.

Первой операцией является операция бинаризации полученного изображения. Бинаризация – это перевод полноцветного или полутонного изображения в монохромное, в котором присутствуют два типа пикселей: белые и черные. Второй операцией является операция скелетизации бинаризованного изображения. Основная задача этой процедуры – построение линии («скелета»), проходящей по центру анализируемого объекта. Такие процедуры обычно рассчитаны на анализ бинарных изображений, на которых все точки объектов имеют одну яркость, а точки фона другую (обычно нулевую). Работа процедуры заключается в последовательном симметричном удалении граничных точек объектов до тех пор, пока не будут получены линии

толщиной в один элемент, которые и называются «скелетами» исходных объектов. В ходе третьей операции происходит выделение особых точек (точек ветвления и конечных точек);

3. В устройстве обработки и вывода информации происходит сравнение полученных данных с обработанного изображения с данными, находящимися в базе данных системы.

4. Система решает – идентифицирован ли человек, и предоставлять ли ему доступ.

На рис. 1 представлена принципиальная структурная схема разрабатываемой системы.

Данная система позволяет довольно точно определить личность, а вместе с дополнительной технической компонентой системы контроля доступом, например, бесконтактная смарт-карта (БСК), позволяет проводить эту процедуру достаточно быстро.

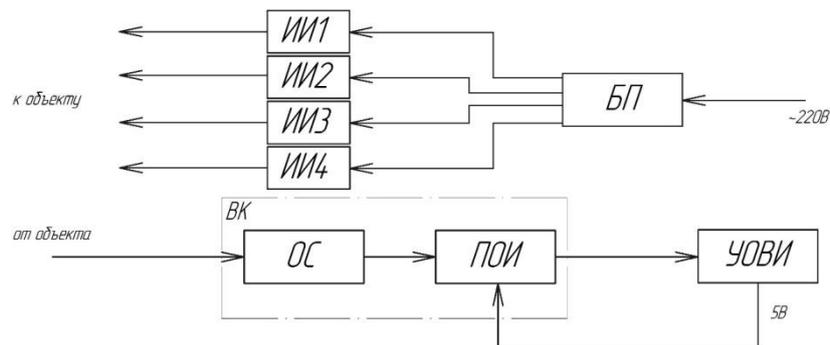


Рис. 1. Схема структурная

Одним из основных требований при разработке систем подобного типа являются малые габариты, поэтому источник излучения должен быть малогабаритным. Таким образом, наилучшим вариантом для ИИ разрабатываемой системой является излучающий диод, работающий в видимом или ближнем инфракрасном диапазонах. Для сравнения в качестве источника излучения выбраны светодиоды фирмы EVERLIGHT. Отличаются они только рабочей длиной волны и испускаемой силой света. В качестве приемника выбрана КМОП-матрица OV5650 фирмы OmniVision в настоящее время довольно распространенная на рынке. В качестве оптической системы был выбран объектив Индустар-76.

Для получения качественного изображения требуется, чтобы контактная панель имела равномерную освещенность на площади, занимаемой папиллярным узором.

Расстояние от светодиодов до контактной панели равно 0,1 м. Для определения расстояния от оптической оси до каждого светодиода выведено два условия:

1. при наименьшем расстоянии между источниками пятно рассеивания светодиода не должно перекрывать участок панели, расположенный прямо перпендикулярно под диаметрально противоположным светодиодом;
2. при наибольшем расстоянии между источниками центральная точка контактной панели должна перекрываться пятнами рассеивания от всех четырех светодиодов.

В программе Mathcad был произведен расчет суммарной освещенности контактной панели в разных точках для нахождения оптимального расположения четырех светодиодов относительно оптической оси объектива. За переменную было взято искомое расстояние с учетом поставленных выше условий.

Также в расчете учитывалось, что при увеличении расстояния на суммарную освещенность выбранных точек, в зависимости от расстояния, будет влиять разное количество светодиодов. Для этого были рассчитаны соответствующие диапазоны для параметра R . Расстояние оптимального расположения светодиодов относительно

оптической оси объектива $R=0,027$ м. Площадь равномерно освещенной площадки $7,3 \cdot 10^{-4}$ м².

Следующим этапом работы является габаритно-энергетический расчет. Выполнив соответствующие расчеты, были получены следующие результаты.

Освещенность чувствительной площадки матрицы:

- для синего светодиода $E_{об} = 46$ лк ;
- для зеленого светодиода $E_{об} = 156$ лк ;
- для красного светодиода $E_{об} = 66$ лк .

Исходя из того, что пороговая чувствительность данной матрицы составляет $E_{пор} = 33$ лк, можно сделать вывод, что все три источника подходят для разрабатываемой системы.

В среде MATLAB был разработан алгоритм для обработки полученных системой изображений, составления базы данных и сравнения особых точек. На рис. 2 представлены исходное изображение, бинаризованное и скелетизированное изображения с отмеченными особыми точками.

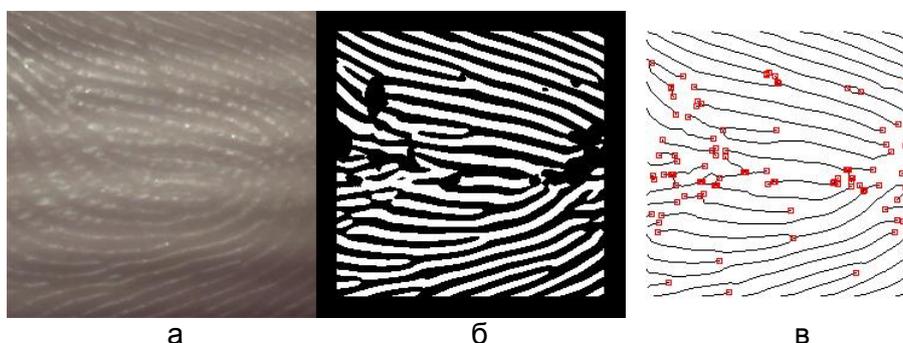


Рис. 2. Исходное изображение (а); бинаризованное изображение (б); скелетизированное изображение с отмеченными особыми точками (в)

В ходе работы были решены поставленные задачи и получены результаты:

1. исследованы существующие биометрические системы контроля доступа и выбрана система, основанная на сканировании отпечатков пальцев;
2. разработана структурная схема и алгоритм работы биометрической системы контроля доступа;
3. исследованы и подобраны представленные на рынке элементы для разрабатываемой системы;
4. исследовано и рассчитано оптимальное расположение светодиодов, при котором объект (палец) будет освещен равномерно;
5. проведен габаритно-энергетический расчет, показавший, что элементы оптической схемы подобраны правильно. На основании расчета разработана оптическая схема;
6. разработана конструкция биометрической системы контроля доступа;
7. исследованы существующие методы распознавания отпечатков пальцев и выбран оптимальный – метод сравнения по особым точкам. На его основе в среде MATLAB разработан алгоритм обработки и сравнения изображений папиллярного узора с изображениями из базы данных. Разработанный алгоритм показал, что для корректной работы системы не требуются изображения с высоким разрешением, тем самым опровергая тот факт, что для аналогичных систем требуются изображения с разрешением не менее 2000×2000 пикселей;
8. исследованы критерии для оценки эффективности проекта и проектного решения, которая показала целесообразность принятия проекта к реализации. Срок окупаемости составляет менее двух лет.

Литература

1. Моисеев Е.А. Особенности выбора элементов для системы контроля доступом, основанной на сканировании отпечатка пальца // Сб. тезисов докладов III Всероссийского конгресса молодых ученых. – 2014. – Вып. 2. – С. 128.
2. Моисеев Е.А. Оптико-электронная система контроля и управления доступом // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание. – 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kmu.ifmo.ru/collections_article/1329/optiko-elektronnaya_sistema_kontrolya_i_upravleniya_dostupom.htm, своб.
3. Гинце А.А. Биометрические технологии в системах контроля и управления доступом // Системы безопасности. – 2002. – № 4. – С. 46–51.
4. Ишанин Г.Г., Панков Э.Д. Источники и приемники излучения. – СПб.: Политехника, 1991. – 240 с.
5. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.

**Петрова Ирина Анатольевна**

Год рождения: 1993

Факультет информационных технологий и программирования,
кафедра компьютерных технологий, группа № 6539Направление подготовки: 010400 – Технологии проектирования
и разработки программного обеспечения

e-mail: irenepetrova@yandex.com

УДК 004.85

**ВЫБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ОПТИМИЗИРУЕМЫХ ВЕЛИЧИН
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭВОЛЮЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ
С ПОМОЩЬЮ ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ В НЕСТАЦИОНАРНОЙ
СРЕДЕ****И.А. Петрова****Научный руководитель – д.т.н., профессор А.А. Шалыто**

Существуют методы повышения эффективности эволюционных алгоритмов (ЭА) при помощи вспомогательных критериев. Рассматриваются два таких метода – EA+RL [1] и MOEA+RL [2]. В методе EA+RL оптимизируемый критерий – целевой или один из вспомогательных выбирается на каждом шаге однокритериального ЭА. В методе MOEA+RL на каждом шаге многокритериального ЭА одновременно оптимизируются целевой критерий и один из вспомогательных. В обоих методах выбор оптимизируемого критерия осуществляется при помощи обучения с подкреплением. В существующих исследованиях используются алгоритмы обучения с подкреплением в стационарной среде. Среда является стационарной, если полученная награда зависит только от состояния среды и примененного действия. Однако в случае, когда свойства вспомогательных критериев меняются в процессе оптимизации, награда, полученная в результате применения одного и того же действия в одном и том же состоянии, может быть разной. Есть два способа бороться с возникающей в этом случае нестационарностью. Одним из них является использование такого

определения состояния среды, при котором не будет возникать нестационарности. Однако разработка такого состояния сложна и не всегда возможна. Второй способ заключается в использовании алгоритмов обучения с подкреплением в нестационарной среде.

Целью работы являлась разработка алгоритма обучения с подкреплением, применимого в методах EA+RL и MOEA+RL для выбора оптимизируемого критерия на каждом шаге ЭА в условиях нестационарности, заключающейся в изменении свойств вспомогательных критериев в зависимости от этапа оптимизации. Приводятся результаты применения предложенного алгоритма для решения модельной задачи. Также приводятся результаты применения разработанного алгоритма для решения задачи коммивояжера. Проводится сравнение с существующими методами решения задачи коммивояжера, использующими ЭА с применением вспомогательных критериев.

Наиболее подходящим алгоритмом обучения с подкреплением в нестационарной среде для выбора вспомогательных критериев в ЭА является алгоритм RLCD (Reinforcement Learning Context Detection). Однако результаты применения алгоритма RLCD для решения описанной ниже задачи оказались хуже, чем результаты, полученные с помощью ранее применявшихся алгоритмов обучения с подкреплением. Поэтому был предложен новый алгоритм обучения с подкреплением в нестационарной среде.

Предложенный алгоритм основан на алгоритме Q-обучения в стационарной среде. Были добавлены два условия перезапуска обучения. Предполагается, что выполнение первого условия означает изменение свойств вспомогательных критериев. Выполнение второго условия отражает остановку ЭА в локальном оптимуме. Эффективность предложенного алгоритма была экспериментально подтверждена на ряде конфигураций модельной задачи, а также практической задачи коммивояжера.

Рассмотрим постановку модельной задачи с двумя вспомогательными критериями, которые могут быть как эффективными, так и неэффективными на разных этапах оптимизации. В этой задаче особи представляются битовыми строками длины n . Пусть x – число бит, равных единице. Целевой критерий задается формулой: $\lfloor \frac{x}{k} \rfloor$, где k – константа, n нацело делится на k . Необходимо максимизировать значение целевого критерия. Вспомогательные критерии h_1 и h_2 представлены на рис. 1.

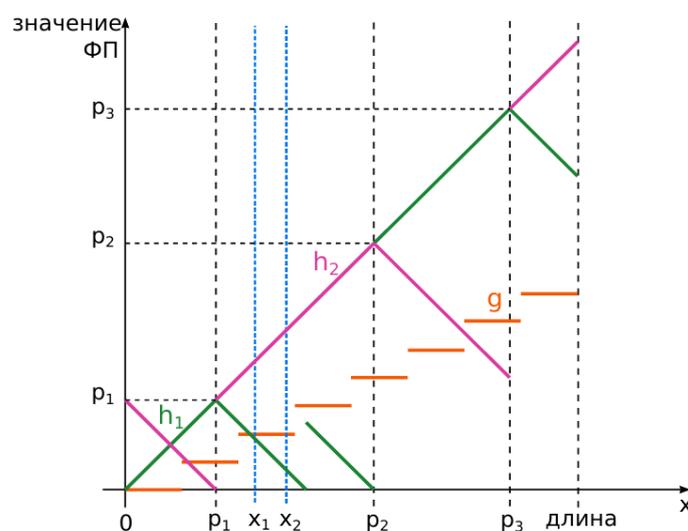


Рис. 1. Модельная задача

В ходе экспериментов сравнивались результаты решения модельной задачи при помощи метода EA+RL с использованием различных алгоритмов обучения с подкреплением. Результаты работы каждого алгоритма усреднялись за 100 запусков. Рассматривались конфигурации задачи с пятью точками переключения и значением параметра k , равным 10. Для проверки статистической различимости второй версии предложенного подхода и остальных применявшихся методов был проведен тест суммы рангов Уилкоксона. Уровень статистической значимости был равен $\alpha=0,01$.

Средние полученные значения целевого критерия представлены в табл. 1 в виде $\frac{optimal-average}{optimal}$, где *optimal* – это максимальное значение целевого критерия, *average* – среднее значение целевого критерия. В первой колонке указана длина особи, в остальных четырех колонках указаны средние значения целевого критерия, полученные при использовании предложенного алгоритма, ε -жадного Q-обучения, отложенного Q-обучения и RLCD соответственно. Для всех рассмотренных конфигураций модельной задачи результаты, полученные при использовании второй версии алгоритма, превосходят результаты остальных алгоритмов. Значения P-value, полученные при сравнении второй версии алгоритма с другими алгоритмами, приведены в скобках в соответствующих колонках. Можно видеть, что в случаях, когда длина особи превышает 1000, предложенный алгоритм статистически различим с существующими.

Таблица 1. Среднее значение целевого критерия

| Длина | Предложенный | ε -жадное Q-обучение | отложенное Q-обучение | RLCD |
|-------|--------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 750 | 0,56 | 0,64 ($1,9 \cdot 10^{-1}$) | 11,43 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 5,23 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) |
| 1000 | 0,39 | 0,49 ($7,7 \cdot 10^{-2}$) | 4,23 ($3,6 \cdot 10^{-16}$) | 4,33 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) |
| 1250 | 0,34 | 1,44 ($2,4 \cdot 10^{-15}$) | 15,28 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 4,76 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) |
| 1500 | 0,17 | 1,83 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 12,01 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 11,98 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) |
| 1750 | 0,27 | 1,97 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 16,56 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 8,37 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) |
| 2000 | 0,78 | 2,00 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 14,54 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 6,92 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) |
| 2250 | 1,07 | 1,98 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 21,91 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 15,39 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) |
| 2500 | 1,18 | 1,88 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 8,79 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 16,05 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) |
| 2750 | 1,35 | 1,96 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 12,32 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 8,34 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) |
| 3000 | 1,40 | 3,09 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 16,08 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 11,04 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) |
| 3250 | 1,45 | 3,70 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 5,37 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 18,06 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) |
| 3500 | 1,34 | 3,97 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 10,33 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 12,79 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) |
| 3750 | 1,32 | 4,13 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 13,31 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) | 20,01 ($2,2 \cdot 10^{-16}$) |

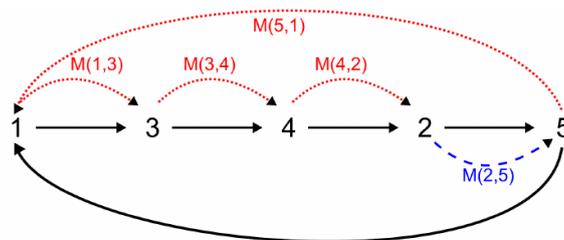
Число запусков, в которых анализируемые алгоритмы достигли оптимального значения целевого критерия, приведены в табл. 2. В случаях, когда длина особи была меньше 2750, результаты предложенного подхода превосходят результаты, полученные при использовании остальных алгоритмов. На других конфигурациях модельной задачи при использовании ни одного из алгоритмов не было достигнуто оптимальное значение целевого критерия.

Далее рассматривается применение предложенного алгоритма совместно с методами EA+RL и MOEA+RL для решения задачи коммивояжера. В задаче коммивояжера рассматривается множество из n городов и матрица M расстояний между ними, размером $n \times n$. Целью задачи коммивояжера является нахождение пути π минимальной длины $D(\pi)$, проходящего через каждый город ровно один раз с возвратом в исходный город.

Таблица 2. Число запусков, в которых было достигнуто оптимальное значение

| Длина | Предложенный | ϵ -жадное Q-обучение | Отложенное Q-обучение | RLCD |
|-------|--------------|-------------------------------|-----------------------|------|
| 750 | 58 | 52 | 12 | 0 |
| 1000 | 61 | 51 | 15 | 0 |
| 1250 | 65 | 20 | 5 | 0 |
| 1500 | 76 | 0 | 1 | 0 |
| 1750 | 60 | 0 | 0 | 0 |
| 2000 | 60 | 0 | 0 | 0 |
| 2250 | 12 | 0 | 0 | 0 |
| 2500 | 2 | 0 | 0 | 0 |

Существуют три метода решения задачи коммивояжера при помощи ЭА с использованием вспомогательных критериев. Один из них предложен в [3]. Путь разбивается двумя городами a и b на два подпути. Таким образом, целевой критерий разбивается на два вспомогательных, соответствующие длинам подпутей, которые оптимизируются вместо целевого критерия. На рис. 2 представлен пример вычисления вспомогательных критериев f_1 и f_2 для пути $\pi=(1, 3, 4, 2, 5)$, где $a=2, b=5$.

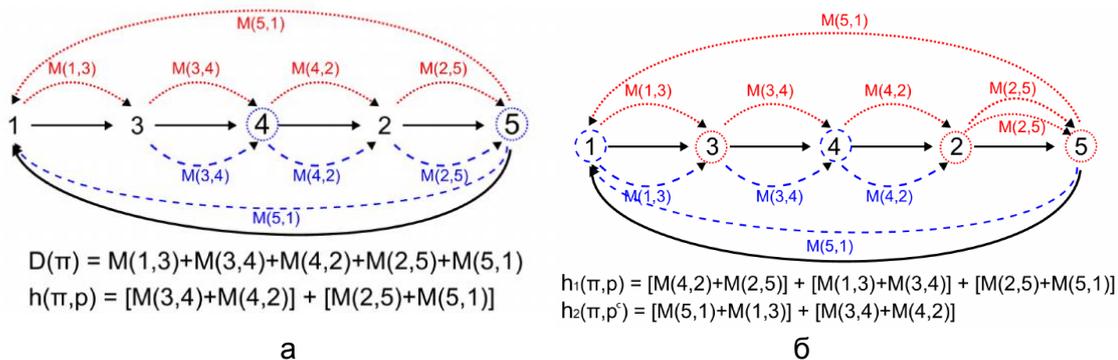


$$f_1(\pi, 2, 5) = M(2, 5)$$

$$f_2(\pi, 2, 5) = M(5, 1) + M(1, 3) + M(3, 4) + M(4, 2)$$

Рис. 2. Вспомогательные функции приспособленности (ФП), предложенные Knowles et al.

В методе, предложенном Jensen [4], вводятся новые вспомогательные критерии, коррелирующие с целевым критерием. Случайным образом выбирается подмножество городов p , для каждого города вероятность попасть в p равна 50%. Значение вспомогательного критерия $h(\pi, p)$ вычисляется как сумма расстояний от городов из множества p до соседних с ними в пути π . На каждом шаге многокритериального ЭА оптимизируется целевой критерий и один из вспомогательных. На рис. 3, а, представлен пример вычисления вспомогательного критерия h для пути $\pi=(1, 3, 4, 2, 5)$, где подмножество городов $p=\{4, 5\}$.



$$D(\pi) = M(1, 3) + M(3, 4) + M(4, 2) + M(2, 5) + M(5, 1)$$

$$h(\pi, p) = [M(3, 4) + M(4, 2)] + [M(2, 5) + M(5, 1)]$$

$$h_1(\pi, p) = [M(4, 2) + M(2, 5)] + [M(1, 3) + M(3, 4)] + [M(2, 5) + M(5, 1)]$$

$$h_2(\pi, p) = [M(5, 1) + M(1, 3)] + [M(3, 4) + M(4, 2)]$$

Рис. 3. Вспомогательные ФП, предложенные: Jensen (а); Jahne et al. (б)

В методе, предложенном Jahne et al. [5], создаются два подмножества городов: подмножество p , формируемое аналогично методу Jensen, и подмножество p_c , являющееся дополняющим к подмножеству p . Затем создаются вспомогательные критерии: $h_1(\pi, p)$ и $h_2(\pi, p_c)$, определяемые также как и в методе Jensen. На каждом шаге многокритериального ЭА оптимизируются два вспомогательных критерия вместо целевого. На рис. 3, б, представлен пример вычисления вспомогательных критериев h_1 и h_2 для пути $\pi=(1, 3, 4, 2, 5)$, где подмножество городов $p=\{2, 3, 5\}$, а $p_c=\{1, 4\}$.

Результаты экспериментального сравнения метода EA+RL с использованием предложенного алгоритма обучения с подкреплением в нестационарной среде с другими методами представлены в табл. 3. Для каждой задачи коммивояжера представлено среднее полученное значение. В первой колонке содержится название задачи. Вторая колонка содержит результаты применения традиционного ЭА. В следующих двух колонках содержатся результаты применения метода имитации отжига (ИО) и подхода Knowles et al. (Knowles) взятые из [3]. Следующие две колонки содержат результаты применения метода EA+RL с ε -жадным Q-обучением в стационарной среде (С EA+RL К) и второй версией предложенного алгоритма обучения с подкреплением в нестационарной среде (НС EA+RL К). В обоих методах использовались вспомогательные критерии, предложенные Knowles et al. Следующая колонка содержит результаты метода EA+RL с ε -жадным Q-обучением (С EA+RL J) с использованием двух вспомогательных критериев, предложенных Jahne et al. Последняя колонка содержит результаты метода EA+RL со второй версией предложенного алгоритма (НС EA+RL J) с использованием тех же двух вспомогательных критериев. Можно видеть, что метод EA+RL с использованием предложенного алгоритма и вспомогательных критериев, предложенных Jahne et al. является наиболее эффективным среди рассмотренных.

Таблица 3. Среднее значение целевого критерия в экспериментах с EA+RL

| Задача | ЭА | ИО | Knowles | С EA+RL К | НС EA+RL К | С EA+RL J | НС EA+RL J |
|---------|-------|-------|---------|-----------|------------|-----------|------------|
| ran20 | 2,03 | 2,55 | 2,66 | 1,93 | 1,92 | 1,96 | 1,92 |
| ran50 | 2,63 | 2,30 | 2,32 | 2,49 | 2,42 | 2,55 | 2,29 |
| euc50 | 5,62 | 5,72 | 5,78 | 5,51 | 5,49 | 5,51 | 5,48 |
| euc100 | 8,27 | 7,98 | 7,97 | 8,14 | 8,09 | 8,28 | 8,09 |
| kroB100 | 23296 | 22529 | 22546 | 22952 | 22776 | 23161 | 22391 |

Результаты экспериментального сравнения метода MOEA+RL с использованием предложенного алгоритма обучения с подкреплением в нестационарной среде с другими методами представлены в табл. 4. В первой колонке содержится название задачи. Во второй колонке содержится наилучшее известное решение. В следующих четырех колонках содержатся результаты применения методов MOEA+RL со второй версией предложенного алгоритма (НС MOEA+RL), MOEA+RL с ε -жадным Q-обучением (С MOEA+RL), Jahne et al. [5] (Jahne) и Jensen [4] (Jensen-Jahne). Во всех этих методах использовались два вспомогательных критерия, предложенных Jahne et al. Последняя колонка содержит результаты метода Jensen, с использованием десяти вспомогательных критериев, предложенных Jensen, как в экспериментах [4]. Можно видеть, что метод MOEA+RL с использованием предложенного алгоритма обучения с подкреплением превосходит остальные алгоритмы на большинстве рассмотренных задач.

Таблица 4. Среднее значение целевого критерия в экспериментах с MOEA+RL

| Задача | НС MOEA+RL | С MOEA+RL | Jahne | Jensen-Jahne | Jensen |
|---------|------------|-----------|--------|--------------|--------|
| kroB100 | 22144 | 22145 | 22150 | 22158 | 22155 |
| kroD100 | 21342 | 21353 | 21344 | 21349 | 21347 |
| pr136 | 96975 | 97000 | 96980 | 97193 | 97063 |
| kroB150 | 26153 | 26166 | 26170 | 26166 | 26174 |
| pr152 | 73693 | 73702 | 73904 | 73820 | 73821 |
| pr439 | 107675 | 107677 | 107748 | 108035 | 107743 |
| pr1002 | 263158 | 263318 | 263425 | 263184 | 263189 |

В работе предложен алгоритм обучения с подкреплением, применимый в условиях нестационарности, заключающейся в изменении свойств вспомогательных критериев. Данный алгоритм был применен в методе EA+RL для решения модельной задачи. Результаты применения предложенного алгоритма превосходят результаты использования алгоритмов обучения в стационарной среде: ϵ -жадного Q-обучения и отложенного Q-обучения, и алгоритма обучения с подкреплением в нестационарной среде RLCD. Статистическая значимость полученных результатов была проверена при помощи теста суммы рангов Уилкоксона.

Предложенный алгоритм был применен в методах EA+RL и MOEA+RL для решения задачи коммивояжера. Было проведено сравнение с тремя существующими методами решения задачи коммивояжера при помощи эволюционного алгоритма с использованием вспомогательных критериев. Из результатов эксперимента следует, что применение предложенного алгоритма обучения с подкреплением эффективно для решения задачи коммивояжера и позволяет добиться наилучших результатов среди рассмотренных методов. Также в данном исследовании было показано, что при использовании эффективного метода выбора вспомогательного критерия, метод в котором оптимизируется целевой критерий и один из вспомогательных может быть эффективнее метода декомпозиции.

Литература

1. Buzdalova A., Buzdalov M. Increasing Efficiency of Evolutionary Algorithms by Choosing between Auxiliary Fitness Functions with Reinforcement Learning // Proceedings of the Eleventh International Conference on Machine Learning and Applications. – Boca Raton: IEEE Computer Society. – 2012. – V. 1. – P. 150–155.
2. Buzdalov M., Buzdalova A., Petrova I. Generation of Tests for Programming Challenge Tasks Using Multi-Objective Optimization // Proceedings of Genetic and Evolutionary Computation Conference Companion. – 2013. – P. 1655–1658.
3. Knowles J.D., Watson R.A., Corne D. Reducing local optima in single-objective problems by multi-objectivization // Proceedings of the First International Conference on Evolutionary Multi-Criterion Optimization. – 2001. – P. 269–283.
4. Jensen M.T. Helper-objectives: Using multi-objective evolutionary algorithms for single-objective optimisation: Evolutionary computation combinatorial optimization // Journal of Mathematical Modelling and Algorithms. – 2004. – V. 3(4). – P. 323–347.
5. Jahne M., Li X., Branke J. Evolutionary Algorithms and Multi-objectivization for the Travelling Salesman Problem // Proceedings of the 11th Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation. – 2009. – P. 269–283.



Погорелая Дарья Андреевна

Год рождения: 1992

Факультет инфокоммуникационных технологий,
кафедра световодной фотоники, группа № 6952

Направление подготовки: 210700 – Инфокоммуникационные
технологии и системы связи

e-mail: pdaria@mail.ru

УДК 53.082.54

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАЗИТНОЙ АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИИ ФАЗОВОГО МОДУЛЯТОРА НА СИГНАЛ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА

Д.А. Погорелая

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент В.Е. Стригалева

Одним из наиболее перспективных и давно исследуемых волоконно-оптических интерферометрических датчиков является волоконно-оптический гироскоп (ВОГ). Принцип его действия основан на эффекте Саньяка – появление фазового сдвига встречных световых волн во вращающемся кольцевом интерферометре. Исследования методов создания высокоточных ВОГ являются актуальными на сегодняшний день вследствие ряда их преимуществ над традиционными механическими и лазерными гироскопами.

ВОГ является интерферометрическим датчиком. Чувствительность интерференционного измерения во многом зависит от положения рабочей точки интерферометра. Одним из самых распространенных методов поддержания рабочей точки интерферометра является применение электрооптического фазового модулятора. В свою очередь, самые распространенные электрооптические фазовые модуляторы создаются на основе кристалла ниобата лития ввиду высокой линейности электрооптического эффекта и высокого быстродействия. Однако фазовые модуляторы на основе ниобата лития имеют и свои недостатки, один из наиболее существенных недостатков выражается в паразитной амплитудной модуляции (ПАМ) светового луча, проходящего по волноводам кристалла. В результате, световой луч получает не только обусловленный модуляцией фазовый сдвиг, но и изменение по интенсивности [1]. Чем больше амплитуда ПАМ, тем сложнее определить фазовый сдвиг светового луча [2]. Следствием ПАМ является снижение точностных характеристик волоконно-оптических интерферометрических датчиков. Следовательно, для повышения точности измерений ВОГ, необходимо бороться с ПАМ электрооптического фазового модулятора.

Целью работы являлось исследование ПАМ фазового модулятора и ее влияния на сигнал ВОГ, а также разработка методов компенсации ПАМ в алгоритме модуляции/демодуляции сигнала ВОГ.

В основе оптической схемы ВОГ лежит интерферометр Саньяка. Интенсивность выходного сигнала интерферометра изменяется по косинусу в зависимости от вызванной вращением разности фаз $\Delta\varphi_r$ [3] и разности фаз, вносимой модуляцией $\Delta\varphi_m$:

$$I(\Delta\varphi_r) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\Delta\varphi_m + \Delta\varphi_r), \quad (1)$$

где I_1 и I_2 – интенсивности интерферирующих волн [4].

Величина ПАМ оценивается коэффициентом, который рассчитывается по формуле:

$$k_{\text{ПАМ}} = \Delta I / I_{\text{ср}},$$

где ΔI – размах колебаний интерференционного сигнала, вызванный ПАМ; I_{cp} – среднее значение интенсивности сигнала без модуляции.

Для измерения ПАМ фазового модулятора, к его электродам прикладывалось постепенно нарастающее напряжение, и снимался выходной сигнал каждого из двух плеч модулятора. По результатам измерений получились зависимости коэффициента ПАМ от напряжения для верхнего плеча модулятора $k_{ПАМ}^B(U)$ и нижнего $k_{ПАМ}^H(U)$, представленные на рис. 1.

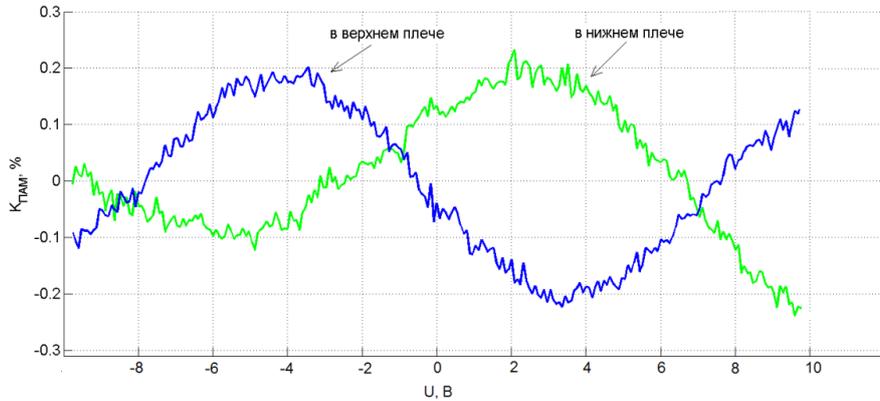


Рис. 1. Зависимости коэффициентов ПАМ, измеренных в верхнем и нижнем плечах модулятора, от модулирующего напряжения

Измеренные зависимости были внесены в программную модель обработки сигнала ВОГ, созданную в MATLAB/Simulink. Результаты моделирования приведены на рис. 2.

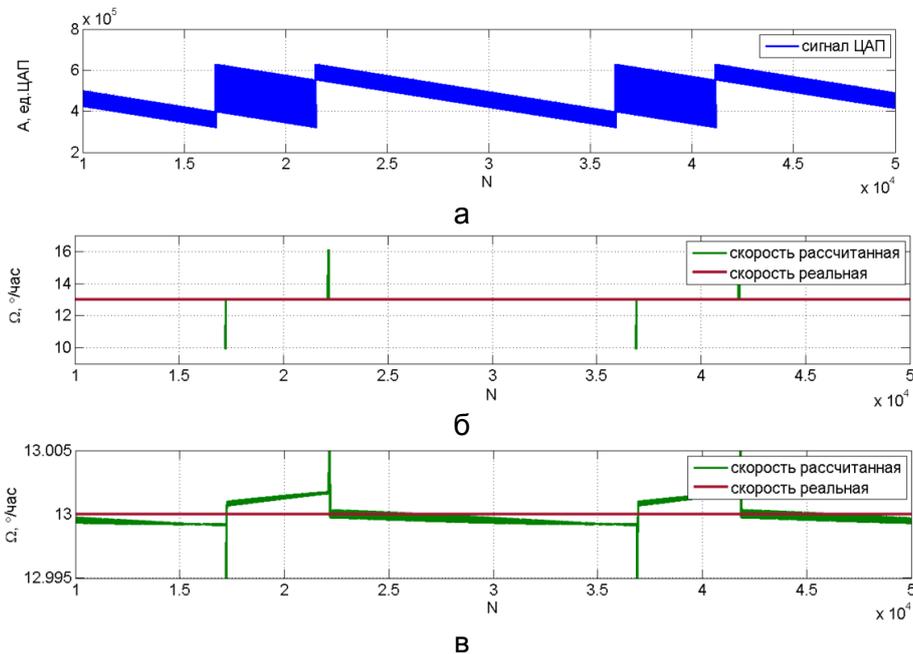


Рис. 2. Влияние ПАМ на выходной сигнал ВОГ: сигнал модуляции на выходе цифро-аналогового преобразователя (а); выходной сигнал скорости вращения ВОГ (б); выходной сигнал скорости вращения в крупном масштабе (в)

Из графика на рис. 2 видно, что в моменты перехода с «узкой» пилой на «широкую», и, наоборот, в выходном сигнале скорости вращения наблюдаются выбросы, обусловленные большой разницей амплитудных коэффициентов в моменты сбросов. Более того, моменты сбросов используются второй обратной связью для подстройки масштабного коэффициента модулятора. Ошибка подстройки масштабного

коэффициента также влечет за собой ошибку в выходном сигнале ВОГ. По результатам моделирования было получено, что величина ошибки сигнала гироскопа зависит от угла наклона зависимостей $k_{\text{ПАМ}}^{\text{B}}(U)$ и $k_{\text{ПАМ}}^{\text{H}}(U)$. Для простоты дальнейшего изложения введем понятие амплитудных коэффициентов $k_{\text{B}}(U)$ и $k_{\text{H}}(U)$:

$$k_{\text{B}}(U) = 1 + k_{\text{ПАМ}}^{\text{B}}(U),$$

$$k_{\text{H}}(U) = 1 + k_{\text{ПАМ}}^{\text{H}}(U).$$

Рассмотрим алгоритмический способ компенсации влияния ПАМ на сигнал ВОГ. Предлагается корректировать сигнал фотоприемника, умножая на некоторый поправочный коэффициент. Чтобы определить данный поправочный коэффициент, рассмотрим сигнал на выходе фотоприемника в случае, когда обратная связь полностью компенсирует скорость вращения, и результирующий фазовый сдвиг $\Delta\varphi_m + \Delta\varphi_r$ равен $\pi/2$, а $\cos(\pi/2)=0$. Тогда выражение (1) приобретает вид:

$$I = I_1 + I_2 = \frac{I_0}{2} [k_{\text{B}}(U_1)k_{\text{H}}(U_2) + k_{\text{H}}(U_1)k_{\text{B}}(U_2)], \quad (2)$$

где I_0 – интенсивность оптического излучения интерферирующих волн.

Согласно выражению (2) скорректированный сигнал фотоприемника I' предлагается считать по формуле:

$$I' = 2I [k_{\text{B}}(U_1)k_{\text{H}}(U_2) + k_{\text{H}}(U_1)k_{\text{B}}(U_2)]^{-1}.$$

В программную модель обработки сигнала ВОГ был внесен описанный алгоритм компенсации ПАМ. Сравнение алгоритмов без компенсации ПАМ и с компенсацией показало, что предложенный алгоритм компенсации ПАМ уменьшает среднеквадратичное отклонение (СКО) выходного сигнала угловой скорости ВОГ, а также снижает дрейф сигнала ВОГ.

Приведенный выше способ алгоритмической компенсации ПАМ снижает погрешность определения скорости вращения ВОГ. Однако для применения описанного алгоритма компенсации необходимо знать зависимость коэффициента ПАМ от модулирующего напряжения отдельно в каждом плече модулятора. Для этого необходимо измерять заранее до сборки оптической схемы ВОГ. Удобнее измерять суммарную зависимость в собранном гироскопе и компенсировать влияние ПАМ по этой суммарной зависимости. Далее будет рассмотрено, как можно компенсировать влияние ПАМ по суммарной зависимости и целесообразно ли это.

Компенсация ПАМ по суммарной зависимости будет производиться исходя из предположения, что $k_{\text{B}}(U_1)k_{\text{H}}(U_2) = k_{\text{H}}(U_1)k_{\text{B}}(U_2)$. Тогда интенсивности первого и второго интерферирующих лучей:

$$I_1 = I_2 = \frac{I_0}{2} \sqrt{k(U_1)} \sqrt{k(U_2)}.$$

Аналогично выражению (2) сигнал на выходе фотоприемника при условии, что обратная связь полностью компенсирует угловую скорость:

$$I = I_1 + I_2 = \frac{I_0}{2} [\sqrt{k(U_1)} \sqrt{k(U_2)} + \sqrt{k(U_1)} \sqrt{k(U_2)}] = I_0 \sqrt{k(U_1)} \sqrt{k(U_2)}. \quad (3)$$

Согласно выражению (3) скорректированный сигнал фотоприемника предлагается считать по формуле:

$$I' = I [\sqrt{k(U_1)} \sqrt{k(U_2)}]^{-1}.$$

По результатам моделирования можно сделать следующие выводы. Предложенный алгоритм компенсации ПАМ по суммарной зависимости:

- обеспечивает уменьшение выбросов в выходном сигнале угловой скорости в момент сброса пилы сигнала модуляции;

- снижает СКО выходного сигнала;
- снижает дрейф выходного сигнала в условиях усреднения, особенно в условиях больших угловых скоростей.

Результаты исследований сведены в таблицу, где приведены значения дрейфа сигнала угловой скорости при усреднении по 10 с для разных алгоритмов компенсации ПАМ, для алгоритма без компенсации, для случая с работающей второй обратной связью ($k_{2oc}=0,01$) и для случая с нулевым коэффициентом второй обратной связи ($k_{2oc}=0$). Результаты в таблице приведены с точностью до 10^{-9} , обусловленной расчетной ошибкой MATLAB.

Таблица. Дрейф сигнала угловой скорости δ , °/ч при усреднении по 10 с

| Угловая скорость | Дрейф сигнала угловой скорости δ , °/ч | | | |
|------------------|---|---------------------|----------------|-------------------------|
| | $k_{2oc}=0$ | $k_{2oc}=0,01$ | | |
| | Без компенсации | Без компенсации | С компенсацией | С компенсацией по сумме |
| 1°/ч | $1,2 \cdot 10^{-5}$ | $3,3 \cdot 10^{-5}$ | 0 | $-6,0 \cdot 10^{-7}$ |
| 13°/ч | $1,8 \cdot 10^{-5}$ | $2,0 \cdot 10^{-4}$ | 0 | $-2,8 \cdot 10^{-6}$ |
| 130°/ч | $7,3 \cdot 10^{-5}$ | $2,2 \cdot 10^{-3}$ | 0 | $-2,2 \cdot 10^{-5}$ |
| 2000°/ч | $1,0 \cdot 10^{-3}$ | $3,3 \cdot 10^{-2}$ | 0 | $-3,0 \cdot 10^{-3}$ |
| 18000°/ч | $9,5 \cdot 10^{-3}$ | $1,9 \cdot 10^{-1}$ | 0 | $2,2 \cdot 10^{-3}$ |

Согласно приведенной таблице, ПАМ вносит основной вклад в дрейф сигнала угловой скорости при работающей второй обратной связи, которая ошибочно подстраивает масштабный коэффициент модулятора, тем самым увеличивая погрешность вычислений. Однако подстройка масштабного коэффициента в ВОГ необходима, поэтому дальнейшие исследования проводились при работающей второй обратной связи с довольно малым коэффициентом $k_{2oc}=0,01$. Таблица показывает, что дрейф сигнала при $k_{2oc}=0,01$ особенно существенен при больших скоростях: дрейф сигнала увеличивается на два порядка по сравнению со случаем, когда $k_{2oc}=0$.

В условиях моделирования без квантования по уровню, алгоритм компенсации по зависимостям, измеренным отдельно соответственно в верхнем и нижнем плечах модулятора, позволяет скомпенсировать ошибку, обусловленную ПАМ, полностью с точностью до расчетной ошибки MATLAB (10^{-9}). Алгоритм компенсации ПАМ по сумме не компенсирует ошибку, обусловленную ПАМ, полностью, но способствует снижению дрейфа сигнала на несколько порядков.

Измерение суммарной зависимости в собранном приборе представляется более простой задачей, чем измерение отдельно в разных плечах заранее перед сборкой оптической схемы ВОГ. Соответственно, в целях компенсации ПАМ предлагается использовать алгоритм компенсации по суммарной зависимости.

Предложенные в работе методы компенсации влияния паразитной амплитудной модуляции на сигнал волоконно-оптического гироскопа позволяют уменьшить СКО и дрейф выходного сигнала ВОГ. Работоспособность методов подтверждена моделированием в MATLAB, причем при создании модели учитывались зависимости ПАМ от модулирующего напряжения, измеренные в реальном приборе.

Литература

1. Ishibashi C., Ye J. and Hall J.L. Analysis/reduction of residual amplitude modulation in phase/frequency modulation by an EOM // Quantum Electronics and Laser science Conference. – 2002. – P. 91–92.

2. Sathian J., Jaatinen E. Reducing residual amplitude modulation in electro-optic phase modulators by erasing photorefractive scatter // Optics express. – 2013. – № 21. – P. 12309–17.
3. Lefevre H.C. Fiber Optic Gyroscope. – London: Artech House, 1992. – 314 p.
4. Алейник А.С. Исследование и повышение точностных параметров волоконно-оптических гироскопов. – Дис... канд. техн. наук. – СПб.: НИУ ИТМО. – 2012. – 131 с.



Пономарёва Ирина Олеговна

Год рождения: 1990

Факультет фотоники и оптоинформатики, кафедра оптической физики и современного естествознания, группа № 6355

Направление подготовки: 200700 – Фотоника и оптоинформатика

e-mail: irina.ponomareva.1402@gmail.com

УДК 537.9

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР ВОДОРОДОПОДОБНОГО ПРИМЕСНОГО ЦЕНТРА В ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ НАНОКРИСТАЛЛЕ

И.О. Пономарёва

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор А.В. Федоров

Исследования электрических, магнитных и оптических свойств квантовых точек служат базой для создания новых оптоэлектронных устройств, лазеров, биосенсоров, источников электромагнитного излучения и др. Легирование наноструктур существенно влияет на физические характеристики созданных на их основе приборов. Этим обусловлено большое количество теоретических исследований примесных состояний в наносистемах. Большинство таких исследований основано на методе эффективной массы и приближении диэлектрического континуума, применимых только для мелких примесей, которые хорошо описываются в рамках водородоподобной модели. Несмотря на значительный прогресс в этой области, остаются неясными многие вопросы, связанные с энергетическими спектрами носителей заряда в таких системах.

Целью работы являлось рассмотрение особенностей энергетического спектра донорного примесного центра в квантовой точке в рамках водородоподобной модели в сферической потенциальной яме.

Для достижения поставленной цели была разработана модель донорной водородоподобной примеси в сферическом полупроводниковом нанокристалле радиуса R .

Примесь представляет собой положительно заряженный ион Ze , локализованный в центре нанокристалла, с которым связан электрон с эффективной массой.

Предполагая, что границы нанокристалла непроницаемы для электрона, были найдены точные волновые функции и энергетический спектр примеси. В рассматриваемой нами модели гамильтониан системы имел вид

$$H = -\frac{\hbar^2}{2m_e} \nabla^2 + V(r),$$

где потенциальная энергия электрона, находящегося в нанокристалле и связанного с примесным ионом, задавалась следующим выражением

$$V(r) = \begin{cases} -\frac{\alpha}{r}, & r < R \\ \infty, & r \geq R \end{cases}.$$

Решения уравнения Шредингера в сферической системе координат были получены в двух энергетических областях, в которых они имеют различный вид. В обоих случаях радиальная часть волновой функции выражается через функции Куммера.

$$F \propto \begin{cases} M\left(-N + l + 1, 2l + \frac{2,2r}{N}\right), & E < 0 \\ e^{-iKr} M\left(\frac{i}{K} + l + 1, 2l + 2, 2iKr\right), & E \geq 0. \end{cases}$$

Применение граничного условия Дирихле $F=0$ на поверхности нанокристалла $r=R$ позволило получить энергетический спектр электрона примесного центра, локализованного в нанокристалле

$$E_{nl} = \begin{cases} -\frac{1}{N_{nl}^2}, & E_{nl} < 0 \\ K_{nl}^2, & E_{nl} \geq 0 \end{cases},$$

где $N_{n,l}, K_{n,l}$ – n -е положительные корни уравнений

$$M\left(-N_{nl} + l + 1, 2l + 2, \frac{2d}{N}\right) = 0,$$

$$e^{-iK_{nl}d} M\left(\frac{i}{K_{nl}} + l + 1, 2l + 2, 2iK_{nl}d\right) = 0,$$

и $d = R/r_B$.

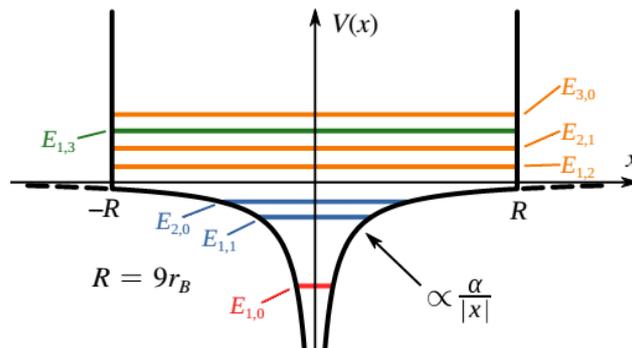


Рис. 1. Донорная примесь в центре сферического полупроводникового нанокристалла радиуса $R=9$ [1]

Из рис. 1 хорошо видно, что примесные центры в нанокристалле должны обладать дискретным спектром энергий, который может продолжаться и в область отрицательных энергий. Состояния с отрицательными энергиями отсутствуют у маленьких нанокристаллов, и проявляются один за другим с увеличением его радиуса. Их появление вызвано ослаблением пространственного конфайнмента и уменьшением кинетической энергии электрона примеси [2].

Переход квантового состояния (n, l) из области положительных энергий в область отрицательных энергий происходит, когда его энергия переходит через ноль в нанокристалле радиуса

$$R_{n,l} = \frac{\zeta_{n,2l+1}^2}{8} r_B,$$

где $\zeta_{n,2l+1}$ – n -й ноль цилиндрической функции Бесселя первого рода $J_{2l+1}(x)$.

Когда нанокристалл становится больше, некоторые из этих состояний начинают формировать мультиплеты, обусловленные специфическим кулоновским вырождением. Стремление R к бесконечности приводит к трансформации всех невырожденных примесных состояний $\{n, l\}$ в водородоподобные состояния $\{v\}$, где

ν – кратность вырождения по угловому моменту. Эта трансформация происходит по следующему правилу

$$E_{n,l} \rightarrow E_{n+1}^{(i)} = -R_y / (n+1)^2$$

для $R \rightarrow \infty$.

Для нахождения числа примесных состояний с отрицательной энергией в нанокристалле радиуса R необходимо определить пару квантовых чисел (n_R, l_R) таких, что

$$R < \min(R_{n_R, l_R}).$$

После некоторых вычислений видим, что имеется

$$N(R) = \frac{(n_R + l_R)(n_R + l_R + 1)}{2} - l_R - 1$$

состояния с различными энергиями в интервале $-R_y \leq E_{n,l} < 0$. Эти состояния $(2l+1)$ –кратно вырождены относительно проекции углового момента. Таким образом, общее количество состояний с отрицательной энергией равно

$$(n_R + l_R)(n_R + l_R + 1)(2n_R + 2l_R + 1)/6 - (l_R + 1)^2.$$

При определенных размерах нанокристалла возникает случайное вырождение уровней энергии. Такое «случайное» вырождение происходит, например, в паре состояний $(2, 0)$ и $(1, 2)$ в нанокристалле с $R = 2r_B$, благодаря полярному взаимодействию электрона примеси в нанокристалле с бездисперсионными продольными оптическими фононами [3]. Пересечение соответствующих уровней энергии в нанокристалле ZnSe со следующими материальными параметрами: $Z = 1$, $m_e = 0,15 m_0$, $\epsilon_0 = 9,1$, $\epsilon_\infty = 6,3$, $\hbar\Omega = 31,7$ мэВ (энергия LO-фонона в центре зоны Брюллиена), $r_B \approx 3,21$ нм, $R_y \approx 24,6$ мэВ [4], показано на рис. 2.

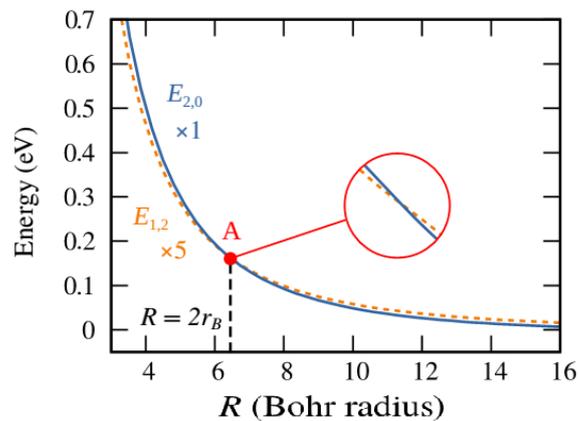


Рис. 2. Уровни энергии $(2,0)$ и $(1,2)$ в ZnSe нанокристалле с $R = 2r_B$ [1]

Случайное вырождение, следующее из различных размерных зависимостей примесных состояний, может сниматься благодаря взаимодействию электрона примеси с различными возбуждениями нанокристалла (фононами [5], плазмонами, экситонами, и т.д.), с внешним электромагнитным полем или с возбуждениями окружающей среды. Эти взаимодействия приводят к эффекту антипересечения (антикроссинга) случайно вырожденных уровней энергии. Степень вырождения примесных состояний, модифицированных взаимодействием, определяется квантовыми числами исходных состояний и природой взаимодействия.

Одна из самых простых задач антикроссинга уровней, возникающего для самых низких по энергии случайно вырожденных уровней $(2, 0)$ и $(1, 2)$, требует решения секулярного уравнения шестого порядка. Если взаимодействие V , связывающее эти состояния, не связывает состояния с проекцией момента $m=0, \pm 1$, и ± 2 , тогда уравнение шестого порядка имеет три различных корня, двум из которых

$$\tilde{E}_{\pm} = \frac{1}{2} (E_{1,2} + E_{2,0} \pm \sqrt{(E_{1,2} - E_{2,0})^2 + 4V^2})$$

соответствуют невырожденные состояния, и один, соответствующий четырехкратно вырожденному состоянию.

Таким образом, взаимодействие частично снимает шестикратное вырождение состояний примеси. Нужно отметить, что оставшееся вырождение в реальном нанокристалле всегда снимается благодаря взаимодействиям между состояниями с различными проекциями момента импульса.

Изолированное рассмотрение пары случайно вырожденных уровней больше всего оправдано для состояний (2, 0) и (1, 2), которые являются вырожденными в нанокристаллах с наименьшими размерами. Эти состояния будут наиболее удобны для оценки различных видов взаимодействия в полупроводниковом нанокристалле.

Так как в случае, когда нельзя рассматривать случайно вырожденные уровни энергии отдельно от остальных состояний, точное описание снятия вырождения требует учета взаимодействий между всеми сильно связанными состояниями примеси и это приводит к секулярному уравнению порядка

$$\mu = 2(l_1 + l_2 + \dots + l_n),$$

где l_j ($j = 1, 2, \dots, n$) – угловой момент сильно связанных состояний.

В результате выполнения работы была разработана модель донорной водородоподобной примеси в сферическом полупроводниковом нанокристалле радиуса R . Был получен энергетический спектр электрона примесного центра, локализованного в нанокристалле.

Анализ рассматриваемой модели позволил установить, что:

- примесные центры имеют дискретный спектр как в положительной, так и в отрицательной областях энергий;
- состояния с отрицательными энергиями отсутствуют у маленьких нанокристаллов, и проявляются один за другим с увеличением радиуса нанокристалла. Их появление вызвано ослаблением пространственного confinement и уменьшением кинетической энергии электрона примеси.

Показано, что эффект размерного квантования приводит к частичному снятию вырождения уровней энергии по орбитальному моменту, которое характерно для движения частиц в кулоновском поле.

Была исследована зависимость положения энергетических уровней донора от размеров потенциальной ямы. Установлено, что при определенных размерах нанокристаллов зависимости уровней энергии от их радиуса пересекаются.

В рамках единого подхода была построена теория эффекта антипересечения электронных уровней в нанокристаллах сферической формы при наличии водородоподобной примеси в центре структуры.

Проведен анализ снятия случайного вырождения и определено, какие антипересечения легче всего обнаружить экспериментально.

Литература

1. Baimuratov A.S., Rukhlenko I.D., Turkov V.K., Ponomareva I.O., Leonov M.Y., Perova T.S., Berwick K., Baranov A.V., Fedorov A.V. Level Anticrossing of Impurity States in Semiconductor Nanocrystals // *Scientific Reports*. – 2014. – V. 4. – P. 6917/1–6917/6.
2. Chuu D.S., Hsiao C.M. & Mei W.N. Hydrogenic impurity states in quantum dots and quantum wires // *Phys. Rev. B*. – 1992. – V. 46. – P. 3898–3905.

3. Madelung O., Schultz M. & Weiss H. (eds.). Landolt-Börnstein: Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology // Group III: Crystal and Solid State Physics. 1982. – V. 17.
4. Baimuratov A.S., Baranov A.V. & Fedorov A.V. Light absorption involving longitudinal optical phonons in semiconductor quantum dots // Opt. Spectrosc. – 2011. – V. 111. – P. 51–60.
5. Rukhlenko I.D., Fedorov A.V., Baymuratov A.S. & Premaratne M. Theory of quasi-elastic secondary emission from a quantum dot in the regime of vibrational resonance // Opt. Express. – 2011. – V. 19. – P. 15461–15482.



Романенко Алексей Николаевич

Год рождения: 1991

Факультет информационных технологий и программирования,
кафедра речевых информационных систем, группа № 6599

Направление подготовки: 230400 – Информационные системы
и технологии

e-mail: AlexeySk8@gmail.com

УДК 004.934.1'1

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ДЕКОДЕРА
В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ**

А.Н. Романенко

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.П. Затворницкий

Автоматическое распознавание речи является динамично развивающимся направлением в области искусственного интеллекта. За последние 60 лет в данной области достигнуты значительные успехи – имеется множество коммерческих приложений, которые делают вложения в эту область оправданными и выгодными [1].

Факторами, определяющими скорость и качество автоматического распознавания речи, являются: зашумленность полезного сигнала, оптимальность акустической и языковой моделей, оптимальность настраиваемых параметров декодера и т.д. В то время как оптимизация акустической и языковой моделей, является хорошо изученной проблемой [2], поиск оптимальных параметров декодера, зачастую, решается либо с помощью сложных алгоритмов, требующих значительных вычислительных и временных ресурсов, либо вручную, основываясь лишь на экспертных оценках специалистов в области распознавания речи. Задача осложняется тем, что необходимость повторного поиска оптимальных параметров декодера возникает всякий раз, как происходит смена акустических или языковых моделей, а также при изменении целевых данных или используемого аппаратного обеспечения.

Стоит отметить, что решение задачи оптимизации настраиваемых параметров декодирования является очень важным. Ввиду того, что даже при условии наличия моделей, как акустических, так и языковых, способных обеспечить высокое качество и скорость распознавания речи, этих целевых показателей не удастся достичь, без определения оптимальных параметров декодирования. Неоптимальные настраиваемые параметры, в свою очередь, могут значительно ухудшить целевые показатели распознавания речи.

Задача поиска оптимального набора настраиваемых параметров декодирования осложняется тем фактом, что между элементами данного набора существуют различные зависимости. То есть в процессе поиска оптимального набора настраиваемых параметров необходимо учитывать степень влияния каждого из них, как попарно между собой, так и на целевые показатели системы распознавания речи. Дополнительная трудность при решении данной задачи состоит в том, что существует два целевых показателя производительности системы распознавания речи:

- уровень словесной ошибки (Word Error Rate, WER) – означающий отношение суммы ошибок трех видов: замен (subs), удалений (del), и вставок (ins), к общему числу слов в тестовом высказывании;
- фактор реального времени (Real Time Factor, RTF) – отражает скорость распознавания речи.

Эти показатели строго взаимосвязаны, поэтому при оптимизации между ними требуется найти баланс, обеспечивающий наименьший WER, при наименьшем RTF. Таким образом, решаемая задача должна иметь многокритериальную целевую функцию, учитывающую оба этих показателя. Учитывая все вышеизложенное можно заключить, что задача автоматической оптимизации свободных параметров декодера, является очень важной и актуальной проблемой.

Существующие методы решения данной задачи можно подразделить на две группы:

- эмпирические методы (на основании экспертных оценок специалиста);
- алгоритмические методы (индивидуальная оптимизация [3], поиск по сетке значений, автоматическое отслеживание кривых качества и скорости распознавания [3], линейное программирование в широких границах [4]).

Всем перечисленным методам присущи следующие значительные недостатки: зависимость функции градиента от количества оптимизируемых параметров, низкая скорость сходимости, необходимость привлечения человеческих ресурсов. Однако метод упрощенной одновременно возмущаемой стохастической аппроксимации позволяет получать оптимальный набор параметров в автоматическом режиме и за приемлемое время (12 ч).

В стандартной формулировке в ходе выполнения алгоритма одновременно возмущаемой стохастической аппроксимации, при увеличении номера итерации k , последовательности коэффициентов a_k и c_k стремятся к нулю. Как описано в работе [5], возможна ситуация, в которой при некотором значении a_k , при переходе к новому значению вектора настраиваемых параметров, функция потерь будет расти, что противоречит цели выполняемой оптимизации. Данная ситуация проиллюстрирована на рисунке.

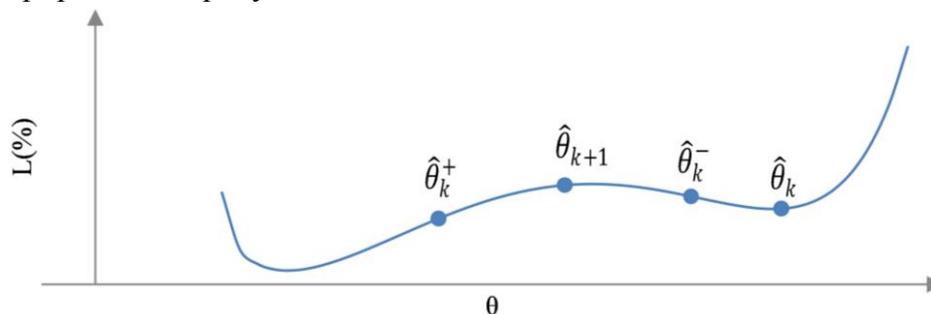


Рисунок. Процесс оптимизации

Кроме того, при отсутствии подходящего шага a_k существует высокая вероятность, что значение вектора настраиваемых параметров будет оставаться в

точке $\hat{\theta}_k$ локального оптимума бесконечно долго. Как видно из рисунка, после вычисления функции потерь в одновременно возмущенных точках $\hat{\theta}_k^+$ и $\hat{\theta}_k^-$, наиболее приемлемым переходом является точка $\hat{\theta}_k^+$, а не соответствующая стандартному алгоритму $\hat{\theta}_{k+1}$. Предлагаемая модификация стандартного алгоритма предполагает непосредственный переход к точке, в которой функция потерь имеет наименьшее значение. Этот переход можно рассматривать, как если бы мы могли получать в ходе выполнения алгоритма адаптивный шаг, при помощи коэффициента a_k . Согласно предлагаемой модификации, процесс вычисления нового вектора настраиваемых параметров принимает следующий вид:

$$\hat{\theta}_{k+1} = \begin{cases} \hat{\theta}_k^+, & \text{если } L(\hat{\theta}_k^+) < L(\hat{\theta}_k^-) \text{ и } L(\hat{\theta}_k^+) < L(\hat{\theta}_k) \\ \hat{\theta}_k^-, & \text{если } L(\hat{\theta}_k^-) < L(\hat{\theta}_k^+) \text{ и } L(\hat{\theta}_k^-) < L(\hat{\theta}_k) \\ \hat{\theta}_k, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Кроме того, что данная модификация призвана повысить стабильность и ускорить сходимость алгоритма, за счет прямого перехода в наиболее оптимальную точку, часть вычислительных затрат может быть уменьшена, благодаря дополнительному ускорению уменьшения коэффициента c_k . Например, если вектор настраиваемых параметров не был изменен на данной итерации, существует высокая вероятность того, что алгоритм находится в окрестности некоторого оптимума. Поэтому с целью ускорения сходимости алгоритма существует возможность уменьшения коэффициента c_k путем обновления коэффициента c , согласно следующей формуле: $c = c_k / 1,5$.

Согласно результатам экспериментов, начальное значение коэффициента c должно быть выбрано таким, что вычисляемая на его основе последовательность коэффициентов c_k , за предполагаемое количество итераций, достигала бы определенного минимального значения, при котором выполняется неравенство:

$$|L(\hat{\theta}_k^+) - L(\hat{\theta}_k^-)| > 0.$$

Также для учета скорости распознавания речи, как предлагалось в работе [2], необходимо использовать штрафную функцию. В данной работе, в качестве штрафа был использован фактор реального времени RTF . Несмотря на свою простоту, использование данного штрафа позволило получить оптимальные результаты. Функция потерь при применении штрафа выражается формулой:

$$L(\cdot) = L(\cdot) + RTF.$$

С целью определения применимости предлагаемого метода упрощенной одновременно возмущаемой стохастической аппроксимации, возникла необходимость проведения экспериментов. В качестве тестовых наборов данных были выбраны:

- набор данных А: подготовленный диктор, тема: спорт. Объем: 1 ч 10 мин. Наилучшие показатели, достигнутые полуавтоматическим методом: 92,505%, при скорости $RTF=0,357$;
- набор данных В: записи телефонных переговоров. Объем: 49 мин. Наилучшие показатели, достигнутые полуавтоматическим методом: 62,694%, при скорости $RTF=0,253$;
- набор данных С: записи интернет-новостей. Объем: 40 мин. Данный набор содержит 3013 различных слов. Наилучшие показатели, достигнутые полуавтоматическим методом: 62,297%, при скорости $RTF=0,864$.

Результаты проведенных экспериментов представлены в таблице.

Таблица. Результаты оптимизации для различных целевых показателей

| Имя тестового набора данных | Целевой показатель скорости <i>RTF</i> | Начальные показатели | | Выходные показатели | | Кол-во итерации | Кол-во запусков декодера |
|-----------------------------|--|--|------------|--|------------|-----------------|--------------------------|
| | | Целевой показатель качества распознавания <i>Acc</i> | <i>RTF</i> | Целевой показатель качества распознавания <i>Acc</i> | <i>RTF</i> | | |
| А | 0,1 | 91,021 | 0,115 | 92,505 | 0,090 | 22 | 42 |
| А | 0,3 | | | 92,581 | 0,154 | 23 | 43 |
| А | 0,5 | | | 92,619 | 0,321 | 25 | 45 |
| В | 0,1 | 50,636 | 0,309 | 60,962 | 0,074 | 22 | 42 |
| В | 0,2 | | | 62,023 | 0,178 | 21 | 41 |
| В | 0,3 | | | 62,553 | 0,273 | 22 | 42 |
| С | 0,5 | 47,063 | 0,823 | 60,438 | 0,499 | 25 | 45 |
| С | 0,7 | | | 61,401 | 0,679 | 25 | 45 |
| С | 0,9 | | | 61,998 | 0,892 | 26 | 46 |

Таким образом, принимая во внимание результаты проведенных экспериментов, можно заключить, что разработанный метод оптимизации настраиваемых параметров декодера позволяет получать наилучшие целевые показатели распознавания речи (качество и скорость), за приемлемое время (12 ч), с наименьшими вычислительными затратами.

Также стоит отметить, что существуют пути улучшения разработанного метода, которые предполагают проведение дополнительных экспериментов:

- модификация, подразумевающая множественный запуск разработанного метода, с целью получения возможно наиболее оптимальных целевых показателей производительности системы;
- использование значений функции потерь, полученных на предыдущих итерациях алгоритма, которое позволит сократить вычислительные затраты, а следовательно, и время сходимости метода.

Литература

1. Тампель И.Б., Хитров М.В. Автоматическое распознавание речи: Учебное пособие по дисциплине «Распознавание речи». – СПб.: НИУ ИТМО, 2013. – 116 с.
2. Stein D., Schwenninger J., Stadtschnitzer M. Simultaneous perturbation stochastic approximation for automatic speech recognition // In Proc. of the INTERSPEECH. – 2013. – P. 622–626.
3. Hannani El A., Hain T. Automatic optimization of speech decoder parameters // Signal Processing Letters. – 2010. – V. 17. – № 1. – P. 95–98.
4. Mak B., Ko T. Automatic estimation of decoding parameters using large-margin iterative linear programming // In Proc. of the INTERSPEECH. – 2009. – P. 1219–1222.
5. Yue X. Improved Simultaneous Perturbation Stochastic Approximation and Its Application in Reinforcement Learning // In Proceedings of the International Conference on Computer Science and Software Engineering. – 2008. – V. 1. – P. 329–332.



Русин Евгений Вадимович

Год рождения: 1992

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра информационно-навигационных систем, группа № 6163

Направление подготовки: 161100 – Системы управления движением
и навигация

e-mail: com.rev@mail.ru

УДК 528.5

**ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗВЕЗД
ПО ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЮ В ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
АСТРОНОМИЧЕСКИХ КООРДИНАТ НА ПОДВИЖНОМ ОСНОВАНИИ**

Е.В. Русин

Научный руководитель – к.т.н. С.В. Гайворонский

Для решения геодезических задач (например, определения параметров гравитационного поля Земли) необходимо знание астрономических координат, которые представляют собой значения широты и долготы точки на поверхности геоида.

Определение астрономических координат возможно различными методами, например, по наблюдениям звезд с использованием приборов типа астрономических теодолитов. Как правило, это приборы с визуальной регистрацией объектов, недостатками которых являются продолжительность наблюдений, их трудоемкость, высокие требования к квалификации исполнителей. Повышение точности и оперативности астрономических определений требует разработки приборов с фотоэлектрической регистрацией, позволяющей автоматизировать процесс наблюдения и, как следствие, исключить личные ошибки наблюдателя. Так, определение астрономических координат возможно реализовать с использованием автоматизированного зенитного телескопа (рис. 1), в котором регистрация изображения осуществляется при помощи фотоприемного устройства (ФПУ). Одной из важных подзадач при определении астрономических координат на зенитном телескопе является идентификация звезд, видимых в поле зрения.

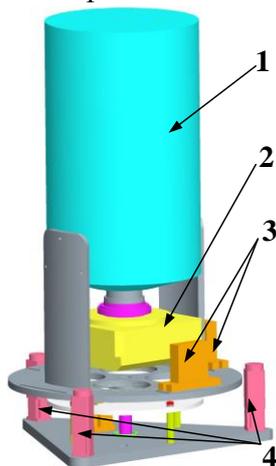


Рис. 1. Зенитный телескоп: 1 – объектив; 2 – телекамера; 3 – датчики горизонта; 4 – механизм горизонтирования

Задача идентификации звезд необходима для сопоставления объектов, содержащихся в двух областях: на изображении звездного неба и в рабочей области, которая является частью общего астрометрического каталога, выделенную по ряду признаков с целью уменьшения объема вычислений.

Исходными данными для решения задачи идентификации звездного поля являются:

1. измеренные координаты энергетических центров изображений звезд в плоскости фотоприемного устройства (x, y) ;
2. экваториальные координаты (α, δ) астроориентиров из каталога.

Следует отметить, что эти две области имеют различный масштаб и развернуты друг относительно друга произвольным образом. Помимо описанных различий, количество объектов в областях не совпадает между собой.

В данной работе были исследованы существующие алгоритмы идентификации звезд, проведен их сравнительный анализ, а также разработаны алгоритмы, позволяющие повысить достоверность и скорость решения задачи идентификации в рамках определения астрономических координат на подвижном основании.

В работе рассмотрено описание геометрических и сеточных алгоритмов. Основанные на нейронных сетях и генетические алгоритмы в работе не рассматривались, так как они, в силу высокой вычислительной сложности, не нашли массового применения на практике. Для проведения сравнительного анализа были реализованы следующие алгоритмы [1]:

- алгоритм межзвездных угловых расстояний;
- алгоритм подобных треугольников;
- алгоритм сравнения звездных узоров;
- пирамидальный алгоритм.

С целью выбора алгоритма, позволяющего идентифицировать звезды с наименьшей вычислительной сложностью и затратами по времени, был проведен сравнительный анализ рассмотренных алгоритмов. Программная реализация проводилась в среде MATLAB.

В ходе сравнительного анализа оценивались следующие параметры:

- вычислительная сложность алгоритмов;
- возможность решения задачи распознавания в случае отсутствия априорной информации о фокусном расстоянии объектива.

Результаты сравнительного анализа представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты сравнительного анализа алгоритмов идентификации

| Алгоритм идентификации звезд | Вычислительная сложность | Знание фокусного расстояния |
|---|--------------------------|-----------------------------|
| Алгоритм подобных треугольников | $O(n^3)$ | Не требуется |
| Алгоритм межзвездных угловых расстояний | $O(n^2)$ | Требуется |
| Алгоритм сравнения звездных узоров | $O(n^3)$ | Требуется |
| Пирамидальный алгоритм | $O(n^4)$ | Требуется |

По результатам сравнительного анализа очевидно преимущество идентификации звезд с помощью алгоритма межзвездных угловых расстояний, так как он позволяет решать задачу распознавания с наименьшей вычислительной сложностью. Однако особенностью алгоритма идентификации по межзвездным углам является зависимость от фокусного расстояния объектива, которое, может изменяться вследствие влияния различных факторов, например, перепадов температур.

Учитывая указанные причины, было принято решение о создании комбинированного алгоритма, позволяющего оперативно распознавать звезды независимо от наличия априорной информации о фокусном расстоянии объектива [2]. Блок-схема комбинированного алгоритма представлена на рис. 2.



Рис. 2. Блок-схема комбинированного алгоритма идентификации звезд

В результате идентификации звезд создается таблица (табл. 2), по которой определяется соответствие между объектами в плоскости ФПУ и объектами из астрометрического каталога. Однако на практике пары объектов, имеющие наименьшее количество голосов, не всегда могут быть однозначно идентифицированы. С целью повышения достоверности распознавания звезд был разработан алгоритм проверки идентификации звезд, позволяющий избежать ложного распознавания в 100% случаях.

Таблица 2. Фрагмент таблицы соответствий

| | Звезды на снимке | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------------------|----|----|----|----|----|----|---|---|---|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Звезды в каталоге | 1 | 3 | 5 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | 2 | 13 | 56 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| | 3 | 46 | 13 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 4 | 2 | 6 | 1 | 5 | 0 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| | 5 | 2 | 2 | 61 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| | 6 | 2 | 4 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | 7 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| | 8 | 5 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | 9 | 1 | 2 | 0 | 59 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | 10 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| | 11 | 4 | 2 | 2 | 1 | 65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 12 | 0 | 3 | 0 | 4 | 0 | 55 | 3 | 2 | 1 | 0 |

В рассмотренных алгоритмах идентификации звезд при использовании современных вычислительных средств частота решения задачи распознавания находится на уровне 1 Гц, что является недостаточным для решения задачи идентификации звезд по видеоизображению в связи с высокой частотой регистрации кадров. С целью увеличения скорости обработки информации был разработан алгоритм идентификации звезд со слежением.

Идея алгоритма заключается в распознавании объектов на i -ом кадре посредством опорных звезд, положение которых определяется по результатам идентификации $(i-1)$ -кадра. Таким образом, алгоритм со слежением состоит из двух основных частей:

1. прогнозирование положения опорных звезд на i -ом кадре;
2. идентификация i -го кадра при помощи опорных звезд.

В результате проведенной работы были исследованы современные алгоритмы идентификации звезд, выполнен их сравнительный анализ, а также разработан алгоритм идентификации для обработки информации с учетом особенностей применения в рамках задачи определения астрономических координат на подвижном основании.

В рамках данной работы разработан комбинированный алгоритм идентификации звезд, сочетающий в себе преимущества метода подобных треугольников и метода межзвездных угловых расстояний и позволяющий распознавать видимые в поле зрения

оптико-электронного прибора звезды при условии отсутствия априорной информации о фокусном расстоянии объектива, при этом объем вычислительных затрат остается приемлемым для обработки. Также разработан алгоритм проверки идентификации звезд, позволяющий исключить ложные опознавания, и, как следствие, повысить точность решения конечной задачи. Для повышения скорости обработки информации при высокоскоростной съемке серии кадров разработан алгоритм идентификации звезд со слежением, идея которого заключается в прогнозировании положений уже идентифицированных звезд на следующем кадре и непосредственном распознавании только вновь появившихся в поле зрения. Такой подход позволяет существенно повысить скорость обработки информации серии наблюдений.

С использованием экспериментальных данных, полученных на зенитном телескопе, была проведена проверка на работоспособность разработанных методов и алгоритмов.

Литература

1. Кружилов И.С. Методы и программные средства повышения эффективности распознавания групп звезд в автономной астронавигации: дис. канд. техн. наук. – М., 2010. – 141 с.
2. Гайворонский Е.В., Русин С.В., Цодокова В.В. Идентификация звезд при определении астрономических координат автоматизированным зенитным телескопом // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. – Т. 15. – № 1. – С. 22–29.



Сазоненко Дмитрий Андреевич

Год рождения: 1992

Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа № 6309

Направление подготовки: 200400 – Опотехника

e-mail: SazonenkoDA@mail.ru

УДК 520.35

ИССЛЕДОВАНИЕ И УЛУЧШЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЭШЕЛЛЕ-СПЕКТРОГРАФА ВЫСОКОГО СПЕКТРАЛЬНОГО РАЗРЕШЕНИЯ ДЛЯ 6-МЕТРОВОГО БОЛЬШОГО ТЕЛЕСКОПА АЗИМУТАЛЬНОГО

Д.А. Сазоненко

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Бахолдин

Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда (проект № 14-50-00043).

Актуальной на сегодняшний день задачей в астрономии является поиск и исследование экзопланет. Для проведения таких исследований требуется современный инструментарий, в частности, спектрограф с высоким спектральным разрешением. Из-за отсутствия такого прибора в Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук (САО РАН), возникла необходимость разработки спектрографа высокого спектрального разрешения для 6-метрового большого телескопа азимутального (БТА). Наличие такого инструмента, позволит астрономам САО РАН принять участие в обнаружении и исследовании экзопланет земного типа,

что позволит поднять отечественную науку в данной области на мировой уровень. По этой причине в САО РАН была начата разработка эшелле-спектрографа высокого спектрального разрешения с оптоволоконным входом [1]. Схема спектрографа представлена на рисунке.

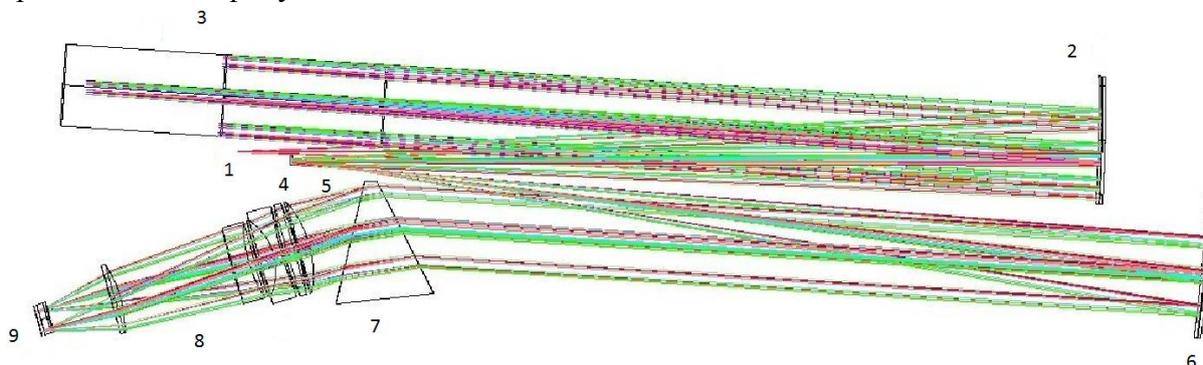


Рисунок. Схема спектрографа

Спектрограф состоит из подвижной навесной части, оптоволоконного передающего канала и, собственно, эшелле-спектрографа, стационарно размещенного в специальном помещении на фундаменте телескопа. Навесная часть размещается в фокусе главного зеркала БТА. Эта часть обеспечивает формирование пучков и организует необходимые функции для обеспечения штатных режимов работы инструмента. Оптоволоконный канал представляет собой собранный в защитном кабеле жгут передающих оптоволокон длиной 53 м. Канал предназначен для передачи света от звезд, собранного в навесной части, до щели спектрографа. В спектрографе свет разлагается в спектр и регистрируется широкоформатной ПЗС-матрицей. В отличие от щелевых схем спектральной аппаратуры, традиционно размещаемой непосредственно при штатных фокусах телескопов, такая компоновка спектрографа обеспечивает ему высокую физическую и температурную стабильность [1].

Спектрограф функционирует следующим образом (рисунок). Свет от щели 1, коллимируется вогнутым параболическим зеркалом 2 на эшелле-решетку 3. Далее, после отражения от эшелле-решетки и коллиматора, свет попадает на ломающее зеркало 4, проходит белый зрачок 5, далее, вогнутым параболическим зеркалом 6, свет коллимируется на кросс-дисперсионный элемент 7, после чего, линзовая проекционная камера 8 фокусирует изображение на ПЗС-приемник 9. В результате анализа начальной схемы, был выявлен ряд недостатков. Кросс-дисперсионный элемент оказался нетехнологичным и дорогим в производстве. Проекционная камера обладала недостаточным пропусканием в рабочем диапазоне 400–750 нм. Виньетирование в схеме составило более 20%, что также снижало общую эффективность спектрографа. В настоящей работе необходимо было разработать новый кросс-дисперсор, оптимизировать камеру по пропусканию в рабочем диапазоне, а также уменьшить виньетирование в схеме до 8%.

В первую очередь была проведена работа по разработке кросс-дисперсионного элемента. Был выбран элемент типа гризма, который представляет собой призму с нанесенной на одну ее грань дифракционной решеткой. Сначала был проведен анализ стекол, которые можно использовать для создания гризмы. Из каталога Лыткаринского завода оптического стекла (ЛЗОС) было рассмотрено более 20 марок стекол. Кроны подходили по диапазону пропускания, но обеспечивали плохое разведение порядков спектра на приемнике, а также требовали использования дифракционной решетки на призме высокой частоты, что было неприемлемо. Флинты же давали необходимое разведение порядков, но не удовлетворяли условию хорошего пропускания в синей области спектра. По этой причине пришлось рассматривать стекла из зарубежных

каталогов фирм Shott и Ohara. После анализа множества стекол этих фирм были выбраны лучшие варианты. Наиболее приемлемыми оказались стекла SF1 и SF5 из каталога Shott и PBM2Y из каталога Ohara. По результатам детального анализа, проводимого по критериям наилучшего пропускания, наилучшего разведения порядков, технологически допустимой частоты дифракционной решетки, а также доступности стекла, в качестве материала для гризмы было выбрано стекло PBM2Y из каталога Ohara.

При использовании этого стекла обеспечивалось наилучшее пропускание света в рабочем спектральном диапазоне. Требуемый угол при вершине гризмы составил 40° , а частота дифракционной решетки 200 лин/мм. Также данное стекло оказалось более доступным и дешевым, чем стекла фирмы Shott.

Далее была проведена работа по улучшению проекционной камеры. В качестве проекционной камеры используется линзовая комбинация из семи оптических элементов с эффективным фокусом 477 мм. За основу камеры взята проекционная камера красного плеча спектрографа UVES (Ultraviolet and Visual Echelle Spectrograph) и проведена ее адаптация под новые условия работы. В начальной версии камеры были использованы стекла с недостаточным коэффициентом пропускания в синей части рабочего диапазона. Это давало значительное уменьшение эффективности спектрографа. Для увеличения эффективности спектрографа, была проведена работа по замене начальных стекол на аналогичные, или близкие к ним по характеристикам марки, но с более широким диапазоном пропускания в видимой части спектра. Были рассмотрены стекла из каталогов ЛЗОС, Ohara и Shott, а также использованы таблицы со сравнением характеристик стекол этих фирм. После замены стекол была проведена работа по оптимизации камеры. Оптимизация производилась на уменьшение пятен рассеяния. После получения качества, соответствующего техническому заданию, все радиусы были приведены к радиусам ГОСТ по 1000 ряду. Толщина линз была округлена по критериям технологичности их изготовления. Осевые расстояния между элементами были также округлены в соответствии с качеством изображения. Полученная камера обладает световыми диаметрами линз, которые достигают на входе 240 мм. Приведение радиусов к ГОСТ и округление осевых расстояний внесло увеличение пятен рассеяния. Размеры пятен и расстояния между изображениями щелевых сегментов в нескольких крайних порядках близки к техническому заданию, а в большинстве порядков полностью ему соответствуют. Прделанная работа в несколько раз увеличила технологичность изготовления этого элемента спектрографа.

В качестве объекта в спектрографе выступает составной двухэлементный источник света, состоящий из двух щелей, расположенных вертикально друг над другом, с некоторым промежутком между ними. В оригинальной схеме была рассмотрены щели общей длиной 3 мм. В техническом задании были строго заданы размеры эшелле-решетки, и также запрещалось изменять конструктивные параметры коллиматоров. Анализ начальной конфигурации входных щелей в среде ZEMAX показал, что, к сожалению, обозначенные выше ограничения вызывают в такой конфигурации значительное виньетирование по полю за счет срезания света на эшелле-решетке и гризме. Возникает неоднозначная ситуация, в которой увеличение щели ведет, с одной стороны, к теоритическому увеличению эффективности спектрографа за счет большего количества собранного света от звезды, а с другой стороны это приводит к значительному виньетированию из-за ограниченного размера диспергирующего элемента, что означает потерю реальной эффективности. По согласованию с заказчиком было принято решение бороться с виньетированием за счет изменения размеров входных щелей. В результате было найдено, что существует оптимальная конфигурация щелей, суммарной высотой 1172 мкм при входной апертуре

спектрографа, равной 0,04. В этом случае виньетирование соответствует техническому заданию. Щель организована в два щелевых сегмента шириной 168 мкм и длиной 336 мкм каждый, расположенных непосредственно друг над другом и разделенных расстоянием 500 мкм. Такая конфигурация собирает свет от изображения звезды размером в 1 угл.сек, но еще и обеспечивает режим максимального спектрального разрешения $R100000$. Такая конфигурация щелей была принята в качестве базовой. Расстояние в 500 мкм между щелями обуславливается необходимостью достаточного разведения изображения щелей на матрице приемника, которое составляет 80 мкм при наибольшем пятне рассеяния, даваемого проекционной камерой. Эта конфигурация щелей может быть обеспечена соответствующим образом организованной формой торцов оптоволокон перед щелью. Спаренные таким образом элементы щели обеспечат два отдельных канала, на каждый из которых будет передан свет, собранный в переднем фокусе главного зеркала БТА. В случае спектрополяриметрических наблюдений один из каналов будет использоваться для передачи в спектрограф обыкновенного поляризованного света, другой – необыкновенного поляризованного света от звезды, расщепленного предоптоволоконным поляризатором. В случае обычной спектроскопии это будут каналы объекта и фона соответственно, либо каналы объекта и лампы – стандарта лучевых скоростей.

В результате этой работы была проведена оптимизация всех узлов инструмента с минимальным отступлением от технического задания работы. Оптимизация проводилась главным образом в направлении улучшения световой эффективности спектральной части с использованием более прозрачных сортов стекла и минимизации виньетирования. В результате уменьшения входных щелей спектрографа, оптимизации дальнейшего прохождения пучка через оптические узлы схемы с одновременной минимизацией габаритов этих узлов, что важно в плане уменьшения стоимости инструмента, удалось в несколько раз уменьшить виньетирование схемы по сравнению с начальным вариантом. Значения остаточного виньетирования, после проведенной оптимизации, составили 6%. Общая световая эффективность инструмента повышена также за счет замены кросс-дисперсора и оптимизации камеры. В результате оценки эффективности было выяснено, что оптическая система дает наилучший результат в 14% на длине волны 580 нм и худший результат в 7% на длине волны 400 нм. Данный результат уже находится на уровне мировых стандартов и может быть улучшен использованием новейших типов просветляющих покрытий. Самые худшие пятна рассеяния составили около 17 мкм по RMS-радиусу, большая же часть пятен находится в пределах 10 мкм по RMS-радиусу. За счет небольших пятен рассеяния удалось добиться при расстоянии между щелями в 500 мкм расстояния между изображениями двух щелей в 78 мкм в самом худшем случае. В большинстве изображений расстояние составляет 90–105 мкм. Полученное качество изображения крайне близко к требованиям технического задания. При попытке улучшения качества до полного соответствия техническому заданию резко падает технологичность схемы, что является неприемлемым. Результаты проделанной работы полностью устроили заказчика, оптическая схема спектрографа передана в Государственный оптический институт для изучения и дальнейшего производства.

Литература

1. Valyavin G.G., Bychkov V.D., Yushkin M.V., Galazutdinov G.A., Drabek S.V., Shergin V.S., Sarkisyan A.N., Semenko E.A., Burlakova T.E., Kravchenko V.M., Kudryavtsev D.O., Pritychenko A.M., Kryukov P.G., Semjonov S.L., Musaev F.A., Fabrika S.N. High-resolution fiber-fed echelle spectrograph for the 6-m telescope. I. Optical scheme, arrangement, and control system // *Astrophysical Bulletin*. – 2014. – V. 69. – № 2. – P. 224–239.



Слобожанюк Алексей Петрович

Год рождения: 1991

Факультет фотоники и оптоинформатики, кафедра фотоники и оптоинформатики, группа № 6350

Направление подготовки: 200700 – Фотоника и оптоинформатика

e-mail: a.slobozhanyuk@phoi.ifmo.ru

УДК 537.876.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИРАЛЬНЫХ МЕТАМАТЕРИАЛОВ С НЕЛИНЕЙНЫМ ОТКЛИКОМ И ПРОТОТИПИРОВАНИЕ В СВЧ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ

А.П. Слобожанюк

Научный руководитель – д.ф.-м.н., гл.н.с. П.А. Белов

Работа выполнена при государственной финансовой поддержке ведущих университетов Российской Федерации (субсидия 074-U01), при поддержке Российского фонда Фундаментальных исследований (грант №14-02-31783) и частичной финансовой поддержке Фонда «Династия».

В работе представлена первая экспериментальная демонстрация само-перестраиваемого нелинейного кирального метаматериала с откликом, определяемым структурными изменениями его элементов. На данный момент данная область была широко популяризирована в научных журналах [1], а также более детально рассмотрена в книгах [2, 3]. Термин «метаматериал» был впервые введен в статьях американского ученого Дэвида Смита (David R. Smith) применительно к искусственным периодическим структурам, с одновременно отрицательными диэлектрической и магнитной проницаемостями. Позднее, определение было существенно модифицировано, расширяя идею о том, что метаматериалы представляют структуры, «доминирующие» над обычными (доступными в природе) материалами. Степень «доминирования» проявляется в свойствах, наблюдаемых в метаматериалах, которые являются уникальными, например отрицательный показатель преломления [2]. В отличие от обычных материалов, свойства которых определяются атомами и молекулами, из которых они состоят, свойствами метаматериалов можно управлять и менять их, за счет специальной формы, компоновки и упорядоченности искусственно создаваемых «мета-атомов» [3]. Было вполне разумно ожидать, что огромная область нелинейной оптики найдет новую площадку для развития в электромагнитных метаматериалах. Ключевой вклад метаматериалов в нелинейную электродинамику основан на том, что данные структуры позволяют значительно усилить нелинейный отклик (по сравнению с нелинейным откликом доступных в природе материалов), а также возможностью использовать не только нелинейность, связанную с электрическим полем, но также нелинейность, связанную с магнитным полем [4]. Необходимый нелинейный отклик может быть получен в зависимости от требований конкретных приложений. Как правило, метаматериалы состоят из резонансных включений, поэтому путь к нелинейному управлению и перестройке свойств метаматериалов лежит в воздействии на систему таким образом, чтобы сместить резонансную частоту метаматериала [4]. Например, было показано, что путем изменения мощности падающей электромагнитной волны на систему можно изменять частоту пропускания и тем самым нелинейно менять свойства системы [4]. Позднее было продемонстрировано значительное усиление генерации второй и третьей гармоник в метаматериалах [4]. Самым простым способом реализации нелинейных

метаматериалов является включение в дизайн структурных элементов – нелинейных включений. Например, было показано в микроволновом частотном диапазоне, что метаматериал, состоящий из разомкнутых кольцевых резонаторов, нагруженных на варакторные диоды, будет иметь нелинейные характеристики [4]. Последнее связано с нелинейной зависимостью емкости варакторного диода от прикладываемого напряжения поля. Путем увеличения мощности падающей волны емкость варакторного диода уменьшается, тем самым изменяется резонансная частота кольцевого резонатора, которая и определяет рабочую частоту метаматериала. Таким образом, увеличивая мощность падающего излучения можно изменять свойства метаматериала. Схожий принцип был продемонстрирован для оптического частотного диапазона. Нелинейный отклик достигался за счет использования нелинейной вмещающей среды [4]. Метаматериал размещался в данной среде и за счет локального усиления электромагнитных полей вблизи метаматериала возможно существенно усилить нелинейный отклик среды. Далее, исследования в области нелинейных и перестраиваемых метаматериалов приобрели новый толчок с разработкой альтернативных источников нелинейности. Была исследована связь между электромагнетизмом и другими областями физики, используя механическое взаимодействие [4] или тепловое воздействие [4]. В данной работе была поставлена задача реализации электромагнитных киральных метаматериалов с нелинейным откликом в микроволновом диапазоне длин волн. Был исследован принципиально новый киральный элемент с нелинейным откликом – спираль. Спираль представляет очень привлекательный мета-атом в связи с возможностью добиться таких геометрических параметров, которые связывают механический, тепловой и электромагнитный процессы. Были исследованы характеристики одиночного кирального резонатора, представляющего собой многовитковую спираль. Далее рассмотрены свойства метаматериала на основе таких резонаторов.

Спираль демонстрирует уникальную двойственность, будучи одновременно электромагнитным резонатором и механической пружиной. Последнее делает спираль очень привлекательным «мета-атомом» электромагнитных метаматериалов. Взаимодействие между двумя откликами различных типов осуществляется посредством зависимости резонанса от геометрии пружины, в то время как чувствительность к теплу проявляется через тепловое расширение спирали и зависимое от температуры сопротивление. С увеличением мощности падающей электромагнитной волны, пружина подвергается сжатию из-за притяжения между соседними витками с токами, а нарастающая температура приводит к общему увеличению в размерах. Оба эффекта действуют в одном направлении, изменяя параметры спирали, тем самым обеспечивая сдвиг электромагнитного резонанса в низкочастотную область. Обеспечивается нелинейная обратная связь, что делает процесс самоперестройки возможным, и предопределяет интересный набор нелинейных явлений.

Была разработана новая конструкция спирального мета-атома, которая позволяет значительно усилить механический эффект, доминирующий над тепловым расширением спирали, что существенно усиливает нелинейный отклик. Посредством усовершенствования производственного процесса, было изготовлено большое количество идентичных элементов для разработки объемного метаматериала в виде решетки спиральных мета-атомов. Дизайн единичного мета-атома – компактная многовитковая спираль из тонкого медного провода с малым межвитковым расстоянием – представлен на рис. 1. Высокотемпературный отжиг обеспечивает механическую прочность и минимизирует тепловые эффекты, в то время как большее количество витков увеличивает механический отклик на электромагнитное возбуждение. Многовитковые спирали (рис. 1) позволяют добиться более сильного

сжатия, индуцированного током, так как сила сжатия увеличивается посредством взаимодействия множества витков, в то время как ток растет из-за большей электродвижущей силы в многovitковой спирали. Наши теоретические расчеты показывают, что мы можем добиться 20-кратного усиления магнитно-механического эффекта, используя 10 витковый спиральный резонатор.

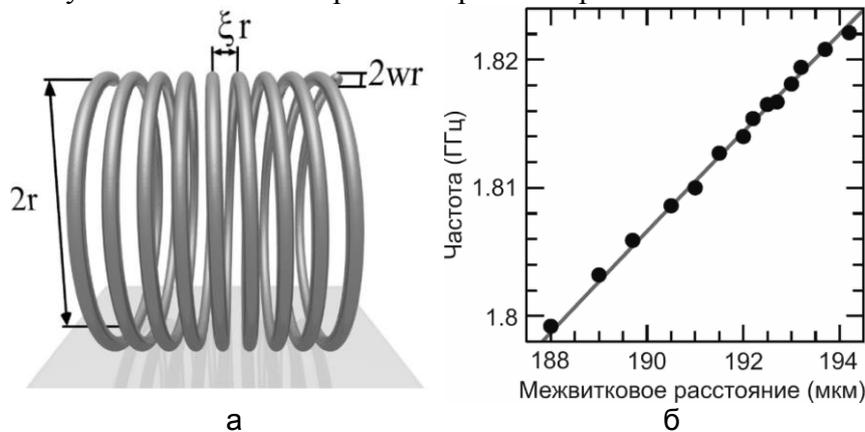


Рис. 1. Геометрия структурного элемента (мета-атома) имеет $N = 9$ витков с параметрами, которые были использованы в экспериментальном образце: радиус спирали $r = 1,16$ мм, межвитковое расстояние $\xi r = 194$ мкм и радиусом проволоки $wr = 90$ мкм (а). Зависимость резонансной частоты спирального резонатора от межвиткового расстояния (б). Результаты численного расчета (круги) в программном пакете CST Microwave Studio [5]

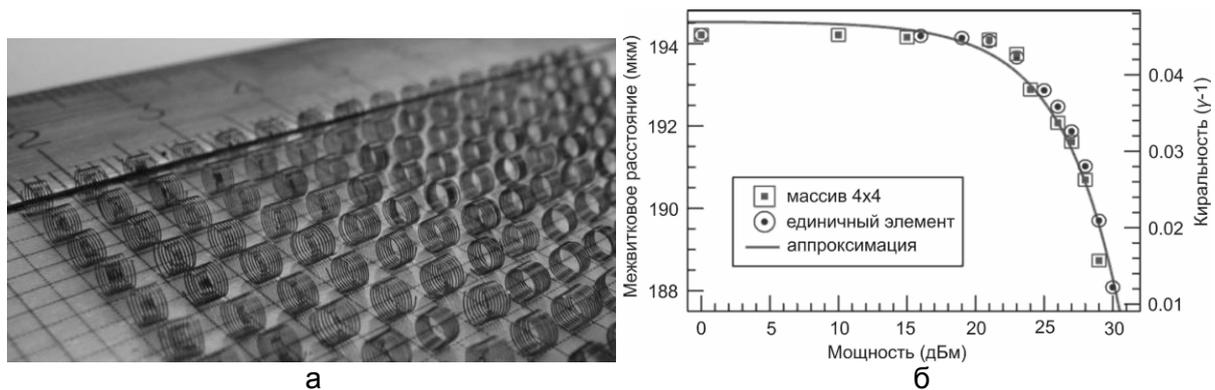


Рис. 2. Массив спиральных резонаторов. Большое количество резонаторов с точным совпадением индивидуальных резонансов, что обеспечивает отсутствие значительного уширения резонанса в массиве (а). Изменение межвиткового расстояния с мощностью, пересчитанное из экспериментальных данных о сдвиге резонанса при изменении прикладываемой мощности. Круги представляют данные, полученные для одного резонатора, квадраты – для массива; окружающие овалы показывают погрешность измерений. Сплошная кривая показывает аппроксимацию. Ось справа показывает амплитуду $(\gamma-1)$ как меру хиральности [5] (б)

Далее была исследована зависимость резонансной частоты спирали (мета-атома) от межвиткового расстояния ξ . В численном моделировании использовалась одна спираль, выполненная из медного провода, которая возбуждается плоской волной с магнитным полем, направленным вдоль оси спирали. Диаметр спирали, провода и амплитуда поля падающей волны были фиксированы – изменялось межвитковое расстояние. Рис. 2 представляет результаты численного и аналитического расчета. Резонансная частота мета-атома значительно зависит от межвиткового расстояния, уменьшение последнего приводит к сдвигу резонанса в низкочастотную область, из-за

того что увеличивается общая емкость резонатора. Таким образом, можно ожидать нелинейный отклик такого мета-атома.

Следующим шагом исследований была разработка массива киральных мета-атомов. Используя методику, разработанную автором, можно конструировать большое количество мета-атомов с практически одинаковыми геометрическими параметрами, несмотря на малый размер. Для того чтобы получить киральный метаматериал с нелинейным откликом, необходимо сконструировать периодическую структуру из киральных мета-атомов, настроенных на одинаковую резонансную частоту. На рис. 2 показан пример разработанного метаматериала.

В связи с требованием, что массив должен быть возбужден однородным и сильным магнитным полем и возможностью экспериментальной установки, было решено сконструировать массив конечного размера 5×5 .

Также был модифицирован источник (петлевая антенна), путем увеличения внутреннего диаметра, для того чтобы весь экспериментальный массив находился в изоцентре. Периодичность массива была выбрана таким образом, чтобы связью между соседними элементами можно было пренебречь. В нашем случае периодичность была равна аксиальной длине единичного кирального мета-атома. Изначально был исследован коэффициент прохождения через метаматериал при минимальной мощности. Помещая близко несколько резонаторов, из-за небольшого взаимодействия между ними резонансная частота метаматериала сдвигается в более высокочастотную область. Однако значительного уширения резонанса по сравнению с единичным элементом не наблюдалось, что говорит о точности изготовления мета-атомов.

С увеличением подаваемой мощности до 1 Вт, резонанс был сдвинут на 24 МГц с первоначального значения (при нулевой мощности). Для эксперимента использовались 16 спиралей с одинаковой резонансной частотой, которые были расположены в форме двумерной решетки 4×4 , оси спиралей были параллельны друг другу, а также параллельны магнитному полю, которое было создано магнитной антенной. В данном эксперименте контролировалось, что температура спиралей не возрастает более чем на 80° , что вызывает сдвиг частоты примерно на 2,7 МГц, тем самым определяя, что возможный тепловой вклад в сдвиг не превышает 12 от общего эффекта. При минимальной мощности резонансная частота метаматериала была расположена в районе 2,1 ГГц. Далее, постепенно увеличивая мощность, резонансная частота сдвигается в более низкочастотную область. Это связано с тем что каждый элемент в метаматериале изменяет свою геометрию (сжимается). Чем больше мощность, тем больше сжатие. Изменение шага спирали, которое мы наблюдали численно и экспериментально ранее, проявляется в соответствующем изменении ее киральных свойств. Степень киральности можно оценить при помощи нормированного (безразмерного) отношения между электрическими p и магнитными m моментами, индуцированными в каждой спирали, вдоль ее оси z . Это отношение непосредственно определяется из геометрии спирали $\gamma = |p|/|m| = c\xi/\omega\pi r$, где c – скорость света. Для того чтобы продемонстрировать возникающую нелинейную киральность на рис. 2 изображена вспомогательная ось, которая показывает амплитуду $(\gamma-1)$. Также на рис. 2 показано изменение межвиткового расстояния спирали, пересчитанное из экспериментальных данных на основе измеренных частот резонанса.

В работе был исследован киральный метаматериал с нелинейным откликом и представлена первая экспериментальная демонстрация самоперестраиваемого

нелинейного кирального метаматериала с откликом, определяемым структурными изменениями его элементов.

Литература

1. Pendry J.B. Metamaterials: Going beyond nature // New Scientist. – 2011. – V. 209. – № 2794. – P. II–III.
2. Cai W. and Shalaev V. Optical Metamaterials: Fundamentals and Applications. – Springer, 2009. – 200 p.
3. Solymar L. and Shamoniina E. Waves in Metamaterials. – Oxford University Press, 2009. – 416 p.
4. Lapine M., Shadrivov I.V. and Kivshar Y.S. Colloquium: Nonlinear metamaterials // Rev. Mod. Phys. – 2014. – V. 86. – P. 1093.
5. Slobozhanyuk A.P., Lapine M., Powell D.A., Shadrivov I.V., Kivshar Y.S., McPhedran R.C. and Belov P.A. Flexible helices for nonlinear metamaterials // Advanced Materials. – 2013. – V. 25. – P. 3409.



Смирнова Людмила Александровна

Год рождения: 1991

Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра экономики и стратегического менеджмента,
группа № 6072

Направление подготовки: 080100 – Экономика

e-mail: lud.koryagina@yandex.ru

УДК 001.895:005.591.1

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ

Л.А. Смирнова

Научный руководитель – к.э.н., профессор Е.А. Павлова

Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года, разработанная по поручению Президента Российской Федерации, а также стратегия «Инновационная Россия-2020», основанная на ней, подчеркивают определяющую роль инноваций в эффективности социально-экономического развития государства и его экономики. Актуальность данной темы подтверждает и множество исследований, проводимых в области изучения сущности инноваций и инновационной деятельности [1, 2]. Несмотря на обилие работ, посвященных исследованию инновационного потенциала, лежащего в основе инновационной деятельности [3, 4], ученые до сих пор не пришли к единому мнению по вопросу состава данной категории и метода ее оценки. **Целью исследования** являлась разработка такого метода оценки инновационного потенциала предприятия, который учел бы все аспекты содержания данной категории, а также скорректировал бы недочеты, допущенные в других разработках, а именно, отсутствие критериев оценки, недостаточный уровень проработки системы показателей оценки, а также то, что влияние условий внешней среды на величину инновационного потенциала предприятия остается неучтенным.

Первая задача, которая решалась в рамках работы – это анализ основ инновационной деятельности, а также сущности, структуры и механизма развития

инновационного потенциала предприятия. По мнению автора, инновационный потенциал предприятия целесообразно определять как совокупность научно-технических, производственно-технологических, кадровых, финансовых и прочих ресурсов, которые определяют способность предприятия обеспечить создание, восприятие и использование новшеств, а также обеспечивают устойчивость инновационного развития предприятия к влиянию факторов внешней среды [5].

В результате проведенного исследования автором было установлено, что в целях последующей оценки инновационный потенциал предприятия целесообразно разделить на составляющие, представленные на рис. 1, также была разработана пирамида развития инновационного потенциала предприятия, характеризующая механизм и последовательность формирования и развития его сегментов.



Рис. 1. Пирамида развития инновационного потенциала предприятия

Согласно представленной на пирамиде концепции, существует три уровня развития инновационного потенциала. Причем без наращивания параметров по сегментам более низкого уровня невозможно развитие элементов более высокого уровня. Данная пирамида также имеет практическое применение с точки зрения предлагаемой методики оценки, о чем будет сказано ниже.

Следующей задачей исследования являлась разработка метода оценки влияния основных групп факторов внешней среды на инновационное развитие. В рамках анализа автор предлагает разделить внешнюю среду предприятия на микроокружение и макросреду. К основным группам факторов, подлежащих оценке в рамках предлагаемого метода, относятся:

1. макросреда: политико-правовые факторы; экономические факторы; социокультурные факторы; природно-экологические факторы; фактор цикличности;
2. микросреда: потребительские факторы; инфраструктурные факторы; факторы конкуренции; факторы финансового обеспечения.

Очевидно, что каждый из факторов может оказывать как стимулирующее, так и сдерживающее воздействие на развитие инновационного потенциала предприятия. В рамках разработанной методики предлагается оценить влияние факторов внешней среды с помощью метода экспертных оценок.

Экспертам следует оценить:

- значимость влияния группы факторов a_i , где i принадлежит множеству $[1, n]$, n – количество групп факторов, по шкале от 0 до 0,25 баллов с шагом в 0,05 балла в зависимости от важности влияния данного фактора на деятельность конкретного предприятия, специфики его деятельности;
- силу влияния группы факторов b_i , где i принадлежит множеству $[1, n]$, n – количество групп факторов, по шкале от –1 до 1 балла, с шагом в 0,2 балла (в данном случае стоит учитывать, что факторы внешней среды могут воздействовать на величину потенциала как прямо пропорционально, т.е. положительно стимулирующее, так и обратно пропорционально).

Показатель величины поправки показателя инновационного потенциала предприятия на влияние отдельной группы факторов внешней среды α_i рассчитывается по следующей формуле:

$$\alpha_i = x_i y_i, i \in [1; n],$$

где n – количество групп факторов влияния внешней среды.

Величина поправки на влияние факторов внешней среды α при условии, что оценка производится одним экспертом, рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \sum_{i=1}^n \alpha_i,$$

где n – количество групп факторов влияния внешней среды; α_i – показатель величины поправки показателя инновационного потенциала предприятия на влияние каждой группы факторов внешней среды; i – порядковый номер группы факторов.

Общее итоговое значение поправки на влияние факторов внешней среды будет рассчитываться как среднее арифметическое взвешенное от частных показателей поправки:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{j=1}^m \omega_j \alpha_j}{\sum_{j=1}^m \omega_j},$$

где m – количество экспертов, участвующих в оценке; ω_j – частота признака.

И, наконец, последняя задача, которая должна была решена в рамках данной работы – это разработка метода комплексной оценки инновационного потенциала предприятия с расчетом интегрального показателя. Для оценки сегментов инновационного потенциала предприятия предлагается использовать группы показателей, представленные в таблице. При этом часть показателей будет оцениваться экспертным путем, часть – расчетным, а некоторые из них – смешанным. Для приведения значений показателей к единой шкале измерения, полученные в ходе оценки значения приводятся к балльным.

Таблица. Показатели оценки инновационного потенциала предприятия

| Финансовый потенциал | Научно-технический потенциал |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Уровень финансовой устойчивости 2. Рентабельность капитала 3. Уровень кредитоспособности 4. Инвестиционная привлекательность 5. Состояние структуры финансирования инновационной деятельности | <ol style="list-style-type: none"> 1. Средняя продолжительность разработки одного новшества 2. Внедряемость новшеств 3. Вес инновационной продукции в общем объеме производства 4. Состояние интеллектуальной собственности предприятия 5. Состояние опытно-конструкторской базы |
| Организационно-управленческий потенциал | Производственно-технологический потенциал |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Уровень информатизации предприятия 2. Состояние системы нормативов 3. Ориентированность на создание научных и производственных связей 4. Ориентированность руководства на инновационное направление развития 5. Состояние базы данных по актуальным исследованиям и разработкам | <ol style="list-style-type: none"> 1. Уровень автоматизации производства 2. Сертифицированность производства 3. Уровень развития технологий производства 4. Коэффициент износа основных фондов 5. Уровень модернизации оборудования |

| Финансовый потенциал | Научно-технический потенциал |
|--|--|
| Кадровый потенциал | Маркетинговый потенциал |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Доля персонала, задействованного в инновационном процессе 2. Квалификационный уровень научно-технических специалистов 3. Доля затрат на обучение персонала 4. Состояние системы мотивации инновационной деятельности 5. Степень сотрудничества с вузами в целях подготовки кадров | <ol style="list-style-type: none"> 1. Состояние системы проведения маркетинговых исследований 2. Отлаженность механизма обратной связи с потребителями 3. Состояние информационной базы по направлению государственной поддержки инноваций 4. Отлаженность механизма сервисного обслуживания инновационной продукции 5. Состояние системы продвижения инновационной продукции |

Каждый из вышеуказанных показателей оценивается по шкале от 0 до 0,5 балла (с шагом в 0,1 балла). Следовательно, каждый сегмент, оцениваемый как сумма отдельных показателей, может принимать значение от 0 до 2,5 балла о шкале оценки. Интегральный показатель инновационного потенциала P , рассчитываемый как сумма показателей сегментов, может варьироваться по шкале от 0 до 15 баллов. Тогда можно построить данную шкалу и разделить ее на три части, которые будут соответствовать высокому, среднему и низкому уровням развития инновационного потенциала (рис. 2). По мнению автора, если величина показателя попадает в первый интервал на данной шкале, т.е. соответствует низкому уровню развития инновационного потенциала, это, согласно пирамиде развития, говорит в первую очередь о проблемах предприятия в состоянии организационно-управленческого и финансового потенциала.

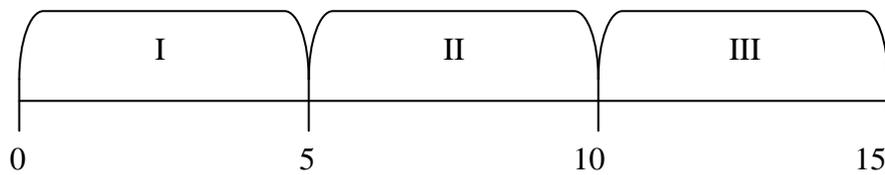


Рис. 2. Шкала оценки инновационного потенциала предприятия

В случае, если рассчитанная величина показателя инновационного потенциала попадет во второй интервал данной шкалы, можно будет сделать вывод о наличии проблем в кадровом и научно-техническом сегментах. Попадание значения интегрального показателя инновационного потенциала предприятия в третий интервал будет говорить о самом высоком уровне его развития.

Интегральный показатель инновационного потенциала предприятия, скорректированный на величину влияния факторов внешней среды, рассчитывается по формуле:

$$P' = P + \bar{\alpha}.$$

Величина поправки на влияние факторов внешней среды колеблется по своему значению от $-2,5$ до $2,5$ баллов. С учетом того, что величина интервала шкалы на рис. 2 составляет 5 баллов (т.е. поправка предусматривает размер половины интервала), очевидно, что корректировка интегрального показателя в случае, когда он принимает пограничные значения, способна перенести значение показателя на другой интервал. Действие данного механизма доказывает, что в случаях, когда предприятие находится в переходном, нестабильном состоянии, влияние факторов внешней среды принимает наибольшее значение.

Подводя итог, можно сказать, что предложенная в работе методика: учитывает весь комплекс внутренних источников инновационного развития предприятия; предполагает учет влияния факторов внешней среды, которые постоянно оказывают как прямое, так и косвенное воздействие на деятельность компании; отличается наличием системы критериев оценки, которой не хватает существующим методам. Результаты проекта, а именно, разработанный метод оценки инновационного потенциала, по мнению автора, может быть использован на предприятии любой отрасли, так как является достаточно точным, за счет использования расчетных показателей, и гибким за счет применения метода экспертной оценки. Получаемое в результате расчетов значение показателя является достаточно объективным в силу рационального, комплексного подхода к решению поставленной задачи.

Литература

1. Васюхин О.В., Павлова Е.А. Развитие инновационного потенциала промышленного предприятия. – М.: Академия Естествознания. – 2010. – 176 с.
2. Лисин Б.К., Фриляндов В.Н. Инновационный потенциал как фактор развития. Межгосударственное социально-экономическое исследование // Инновации. – 2002. – № 7 – С. 25–51.
3. Абрамов В.И. Методология оценки инновационного потенциала предприятия // Изв. вузов. Поволжский регион. Общественные науки. – 2012. – № 4(24) – С. 130–137.
4. Шляхто И.В. Оценка инновационного потенциала промышленного предприятия // Вестник Брянского государственного научно-технического университета. – 2006. – № 1(9) – С. 109–116.
5. Смирнова Л.А., Павлова Е.А. Оценка конкурентных преимуществ предприятия на основе анализа его инновационного потенциала // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/121-17988>, своб.



Сосенкова Светлана Андреевна

Год рождения: 1992

Инженерно-физический факультет, кафедра лазерных технологий и лазерной техники, группа № 6222

Направление подготовки: 200500 – Лазерные биомедицинские технологии

e-mail: s.sosenkova@gmail.com

УДК 535.8

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ 980 НМ ДИОДНОГО ЛАЗЕРА С И БЕЗ СИСТЕМЫ ТЕПЛОВОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ НА ДЕРМАТОЛОГИЧЕСКИЕ НОВООБРАЗОВАНИЯ

С.А. Сосенкова

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

Кожа – один из самых больших органов на теле человека; она выполняет следующие функции: дыхательная, обменная, иммунная и др. Когда функции кожи нарушаются, возникают дерматологические новообразования (также они могут быть

врожденными), например, такие как невус, папиллома, дерматофиброма, базалиома, кератома [1]. Существует множество методов для удаления новообразований (хирургия, электрокоагуляция, мази и компрессы), особенно выделяют лазерный метод, который имеет следующие преимущества: быстрота и точность воздействия, малые сроки заживления ран, гомеостатический эффект и высокая вероятность образования нежного, косметически невыраженного рубца. Лазеры в дерматологии делят на терапевтические, диагностические и хирургические. Из хирургических лазеров выделяют полупроводниковые; однако коэффициент поглощения кожи излучения диодного лазера $\lambda=980$ нм очень мал ($\alpha_{\text{кожи}}=0,2-0,65 \text{ см}^{-1}$) [2]. Для решения этой проблемы был придуман оптотермический волоконный конвертер (ОТВК) – слой вещества на конце световода. Его можно образовать как до, так и во время операции. Принцип действия его работы прост: слой поглощает лазерное излучение, нагревается и резание осуществляется за счет температуры [3]. Благодаря ОТВК и возможности обратной связи был реализован режим Automatic Power Control (APC) или непрерывный режим с обратной связью. Обратную связь можно реализовать с помощью устройства, которое называется пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор [4]. В устройстве задан регулируемый сигнал (для полупроводникового лазера – это температура) и регулирующий сигнал (мощность). В результате можно поддерживать постоянную температуру на конце световода, изменяя мощность излучения. Данный режим широко используется в клинической практике [5], однако нет никаких данных о сравнении воздействия 980 нм излучения диодного лазера на дерматологические новообразования в непрерывном режиме (Continuous Wave) (CW) и непрерывном режиме с обратной связью (APC). Это сравнение стало **целью работы**.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи: обзор литературы, регистрация энергетических параметров до воздействия, фотографирование дерматологического новообразования до и лазерной раны после воздействия, обработка и масштабирование полученных изображений, анализ зональной структуры лазерной раны на основе полученных изображений, измерение ширины зон лазерной раны, статистический анализ полученных данных, анализ осциллограмм тока накачки (мощности) и температуры в процессе удаления новообразований, а также сравнительный анализ ширины зон лазерной раны в APC- и CW-режимах.

Исследование проводилось *in vivo*, совместно с клиникой «Таврическая» и практикующим врачом-онкологом Марком Львовичем Гельфондом, в течение полугода. В исследовании использовался полупроводниковый лазер AltaSt с длиной волны $\lambda=980$ нм и максимальной мощностью до 25 Вт. Диапазон параметров обработки новообразований в разных режимах приведен в табл. 1.

Таблица 1. Диапазон параметров обработки в CW- и APC-режимах

| Режим | Мощность P , Вт | Время t , с | Энергетическая экспозиция ΣE , Дж | Температура T , °C |
|-------|-------------------|---------------|---|----------------------|
| APC | 6–17 | 1–83 | 14–1411 | 700–1000 |
| CW | 7–16 | 1–67 | 15–1005 | |

Всего в исследовании рассматривались 111 новообразований. Количество новообразований, удаленных в разных режимах, приведено в табл. 2.

Таблица 2. Количество новообразований, удаленных в CW- и APC-режимах

| Режим | Невус | Папиллома | Дерматофиброма | Базалиома |
|-------|-------|-----------|----------------|-----------|
| APC | 27 | 15 | 12 | 11 |
| CW | 37 | 15 | 13 | 11 |

Изначально была «контрольная» группа новообразований, удаленных в режиме CW. Соответственно ее устанавливалась мощность для удаления новообразований в APC-режиме.

Для лучшего понимания процессов, проходящих в процессе удаления новообразований, были сняты осциллограммы мощности и температуры для невусов, удаленных в разных режимах при помощи «тракции» (оттягивание новообразования пинцетов при его удалении) (пациент № 152 и № 148). Осциллограммы мощности и температуры для пациентов № 148 и № 152 приведены на рис. 1.

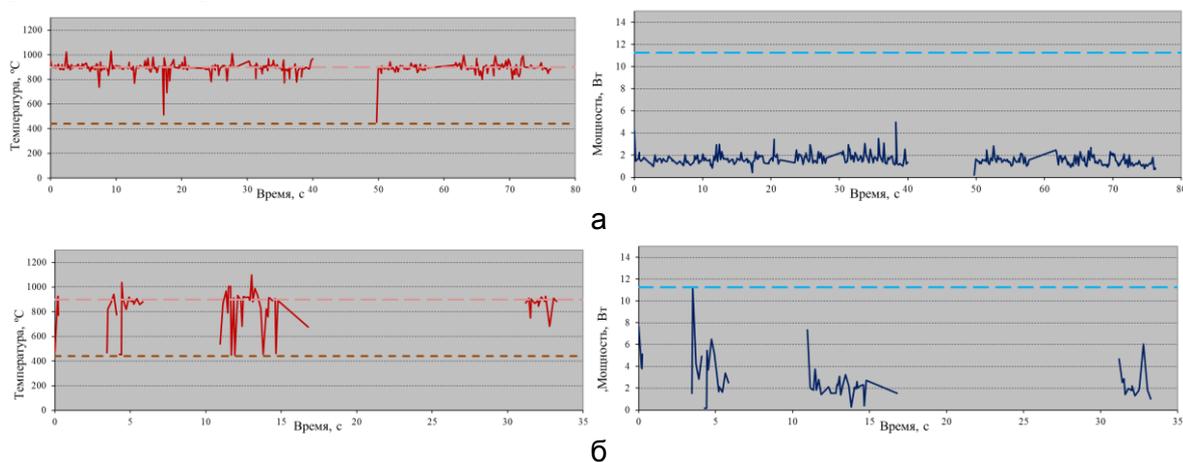


Рис. 1. Осциллограммы мощности и температуры для новообразований, удаленных в APC- (пациент № 148) (а) и в CW-режиме (пациент № 152) (б)

В результате анализа осциллограмм было выявлено, что несмотря на то, что время удаления новообразования в APC-режиме намного превышало время в CW-режиме, энергетическая экспозиция (т.е. количество вложенной энергии) была намного ниже в APC-режиме, нежели в CW-режиме. Это можно объяснить тем, что в CW-режиме мощность держится на уровне 14 Вт, тогда как в APC-режиме она находится на уровне 1–4 Вт.

Для всех новообразований была принята структура лазерной раны; она включала в себя зону выноса материала, зону «карбонизация + коагуляция», зону коагуляции, зону осаднения. Однако особое внимание уделялось зоне коагуляции, так как она является общепризнанной зоной термических повреждений. Подробнее структура лазерной раны приведена на рис. 2.



Рис. 2. Структура лазерной раны

Примеры фотографий до и после лазерного воздействия в различных режимах приведены для дерматофибром на рис. 3.

Видно, что в данном случае применение APC-режима привело к отсутствию зоны коагуляции.

В результате было выявлено, что для всех новообразований, удаленных в APC-режиме ширина зоны коагуляции меньше, чем для новообразований, удаленных в CW-режиме.



Рис. 3. Фотографические изображения дерматофибром до и после лазерного воздействия, удаленные в CW- (а, в) и APC-режиме (б, г)

В работе были сделаны следующие выводы:

- в данной работе проведено *in vivo* исследование воздействия 980 нм диодного лазера на дерматологические образования в непрерывном режиме с и без тепловой обратной связи (ТОС) в одинаковых условиях ($P=11-14$ Вт, $T=850-900^{\circ}\text{C}$);
- зарегистрированы осциллограммы, характеризующие мощность лазерного излучения и температуру в области воздействия. Показано, что использование ТОС позволяет уменьшить суммарную энергетическую экспозицию в процессе операции по удалению невуса с тракцией на 11%, без тракции на 55%;
- измерена ширина зоны коагуляции в лазерной ране после удаления невуса, папилломы, дерматофибромы и базалиомы с помощью 980 нм диодного лазера в непрерывном режиме с и без ТОС. Установлено, что использование ТОС снижает ширину зоны коагуляции при удалении невусов на 30%, папиллом на 57%, дерматофибром на 48% и базалиом на 34%.

Полученные в настоящей работе данные позволяют сделать вывод о том, что система ТОС позволяет уменьшить инвазивность диодного лазерного удаления дерматологических образований и в прогнозе уменьшить срок заживления после лазерного вмешательства.

Литература

1. Скрипкин Ю.К., Кубанова А.А., Акимов В.Г. Кожные и венерические болезни: учебник. – М.: Медицина, 2011. – 544 с.
2. Тучин В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1997. – 384 с.
3. Скрипник А.В. Оптотермический волоконный конвертер лазерного излучения // Изв. вузов. Приборостроение. – 2013. – Т. 56. – № 9. – С. 37–42.
4. Li Y., Ang K.H., Chong G.C.Y. Patents, software, and hardware for PID control. An overview and analysis of the current art // IEEE Control Systems Magazine. – 2006. – P. 41–54.
5. Feldshtein F., Altshuler G. Advances in surgical techniques. Thermo-Optically Powered Surger // Dental photonics. – 2012. – P. 1–13.



Танырбергенава Камила Ислямовна

Год рождения: 1991

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра компьютерных образовательных технологий,
группа № 6109

Направление подготовки: 230400 – Информационные системы
и технологии

e-mail: kamila.tanyrbergen@gmail.com

УДК 519.688

ПОСТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПОТОКА ВЫЗОВОВ СТАНЦИИ СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

К.И. Танырбергенава

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Русак

Анализ современных тенденций по теме исследования показал, что существует множество возможностей построения прогностических моделей от авторегрессионных моделей до нейронных сетей [1], но минимизация ошибки прогноза – до сих пор острая проблема. Большая часть времени уходит на улучшение и оптимизацию существующих моделей или же поиск новых решений [2]. Проблема построения качественного прогноза остается актуальной по сей день.

Обзор и критика известных решений: среди существующих прогностических моделей потока вызовов станции скорой медицинской помощи (СМП), которые были рассмотрены в ходе обзора направлений и методов по теме исследования, существует множество моделей, построенных на базе статистических методов. Среди работ по прогнозированию количества вызовов можно представить работу исследователей Института промышленной инженерии и управления Вроцлавского технологического университета (Польша) «Estimating future demand for hospital emergency services at the regional level» (Оценка будущего спроса на госпитальные услуги скорой помощи на региональном уровне) [3]. В этой работе описывается регрессионная модель, предложенная авторами. Она построена на основании 54 точек, далее авторами проведен регрессионный и корреляционный анализ. Затем, используя метод минимальных квадратов для линейной регрессии, была построена модель, содержащая только три независимые переменные: общая численность населения, процент от общей численности населения в возрасте 0–4 лет, и процент от общей численности населения в возрасте 60 лет или старше. Также авторы построили имитационную модель Монте-Карло для оценки спроса на услуги СМП. Величина стандартной ошибки в их работе равнялась 5940,7 в абсолютных единицах. Величина стандартной ошибки в результате всего исследования для возрастной категории от 0–4 лет $SE=0,14375$, от 60 лет и старше $SE=0,111233$, остальные категории $SE=0,010726$.

Актуальность темы: составление адекватного (правдивого) прогноза – это одна из проблем, имеющая высокую значимость в условиях современности, решение которой является необходимым для практического применения в решении задач различных предметных областей. Необходимость разработки прогностических моделей потоков вызовов станции скорой медицинской помощи является актуальной проблемой. Подобные модели, реализованные в виде программного продукта с графическим интерфейсом или без него, не встречаются в широком доступе. Услугами скорой медицинской помощи пользуется масса людей. Для экспертов и специалистов в данной сфере представляет интерес визуализация, прозрачность движения потоков вызовов станции СМП, возможность прогнозирования для обоснования принятия решений [4].

Постановка проблемы: прогнозирование потоков вызовов станции СМП представляет значимость для обоснования выделения количества бригад, для обоснования принятия решений аналитиков и экспертов в этой сфере. Именно поэтому необходимо построение моделей, дающих прогнозирование количества вызовов, при этом нельзя не учитывать погрешности прогноза, однако они должны быть минимизированы.

В связи с этим **целью исследования** являлось построение адекватной прогностической модели потока вызовов станции СМП с возможностью создания приложения на основе модели [5].

В соответствии с поставленной целью в работе определены следующие задачи:

1. ознакомление с теорией, связанной с поставленной проблемой. Сбор статистических данных;
2. выявление особенностей и закономерностей объекта исследования;
3. построение и исследование прогностической модели (или нескольких прогностических моделей), проверка ее адекватности;
4. практическая реализация построенных математических моделей.

Объект исследования: потоки вызовов станции скорой медицинской помощи.

Предмет исследования: методы исследования и построения прогностических моделей потоков вызовов станции скорой медицинской помощи.

Методы исследования: в исследовании для составления прогностической модели планируется использование аппарата нейронной сети. Для решения поставленных задач применяются методы решения оптимизационных задач.

Модели на базе искусственных нейронных сетей, разработанные для практического применения, в большинстве случаев носят узкоспециальный характер. В полной мере их необходимость и преимущества могут оценить только высокоспециализированные специалисты соответствующей предметной области.

Применение аппарата нейронных сетей уместно в тех случаях, когда формализация процесса решения задачи трудна или вообще невозможна. То есть, это значит, что неизвестен характер связи между входом и выходом.

Практическая значимость: особенно важно иметь качественный прогноз для аналитиков и специалистов данной предметной области, чтобы даже приблизительно оценивать возможную ситуацию в будущем для корректной работы или для облегчения и оптимизации работы службы.

Научная новизна исследования: как аналог прочим прогностическим моделям, построенная модель может претендовать на интерес круга специалистов предметной области. Новизна основывается на применении нейронной сети для прогнозирования потоков вызовов станции скорой медицинской помощи.

Информационная база исследования: данные для проведения исследования были предоставлены Городской станцией СМП города Санкт-Петербурга. Апробация результатов исследования проводилась согласно этим данным. Описание предметной области можно найти на Федеральном медицинском портале и официальном сайте Городской станции СМП города Санкт-Петербурга.

Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечивается учетом следующих факторов и условий, влияющих на исследуемые вопросы:

- анализом имеющихся результатов в рассматриваемой области знаний;
- методологической основой научного задела по рассматриваемой тематике;
- применением современных апробированных теоретических подходов и математических методов исследований;
- обоснованностью принятых допущений и ограничений при разработке методического аппарата исследований;

- проведением многовариантного анализа с использованием корректных исходных данных;
- учетом имеющегося опыта и практики.

Результатом исследования являются модели прогнозирования потока вызовов станции СМП на базе нейронных сетей.

Прототип модели, на данный момент, представляет собой полносвязную трехслойную нейронную сеть. Построенная модель эффективно зарекомендовала себя при прогнозировании. Однако ее необходимо дорабатывать и оптимизировать с целью уменьшения ошибки прогноза, т.е. увеличения точности прогноза.

Говоря о высокой точности, мы всегда говорим о низкой ошибке прогноза, и в этой области недопонимания быть не должно.

В ходе исследования были проведены экспериментальные работы.

Выделение признаков, которые будут использоваться в качестве входных параметров в нейронной сети в первоначальной модели:

- фактор влияния праздничных дней, фактор влияния выходного дня;
- влияние времени поступления вызовов (больше количество поступает в дневное или ночное время);
- влияние сезонности;
- больше ли вызовов в этот день поступило в прошлом/позапрошлом году, чем среднее число вызовов за прошлый год;
- количество вызовов в этот день в прошлом/позапрошлом году.

Результатом исследования явились модели прогнозирования потоков вызовов станции СМП на базе нейронных сетей.

Построенная модель эффективно зарекомендовала себя при прогнозировании. Суммарная ошибка составила:

При оценке влияния факторов в разработанной модели были выявлены наиболее значимые:

- количество вызовов в предыдущие годы за эту дату;
- влияние фактора праздничного дня;
- сезонность.

Особенно важно иметь качественный прогноз для аналитиков и специалистов данной предметной области, чтобы даже приблизительно оценивать возможную ситуацию в будущем для корректной работы или для облегчения и оптимизации работы службы.

Литература

1. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
2. Ясницкий Л.Н. Введение в искусственный интеллект: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – 2-е изд., испр. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 176 с.
3. Pasupathy R., Kim S.-H., Tolk A., Hill R. and Kuhl M.E. eds. Estimating future demand for hospital emergency services at the regional level // Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference. – 2013. – P. 2386–2397.
4. Танырбергенова К.И. Моделирование потоков вызовов станции скорой медицинской помощи // Сб. трудов III Всероссийского конгресса молодых ученых. – 2014. – С. 146–150.
5. Танырбергенова К.И. Исследование потоков вызовов станции скорой медицинской помощи // Международная научная конференция выпускников, студентов, магистрантов и молодых ученых. – 2014. – Т. 1. – С. 104–105.

**Целищев Андрей Александрович**

Год рождения: 1992

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра технологии приборостроения, группа № 6655Направление подготовки: 200100 – Технология приборостроения

e-mail: Tselishchevandrey@yandex.ru

УДК 621.792.02

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕГУЛЯРНОГО МИКРОРЕЛЬЕФА
НА КАЧЕСТВО КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ****А.А. Целищев****Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Валетов**

Вследствие развития клеевых технологий в промышленности создаются новые методы подготовки поверхностей для обеспечения более качественного сцепления клея с поверхностью. Для повышения качества клеевого соединения при сдвиге, предлагается в качестве предварительной обработки наносить на поверхность деталей регулярные микрорельефы практически одинаковой формы и размеров, что позволит увеличить площадь контакта поверхностей, а, соответственно, и силу сцепления.

Актуальность проблемы оптимизации профиля микрогеометрии поверхностей для обеспечения качественного склеивания объясняется тем, что на данном этапе развития науки, чтобы обеспечить качественное склеивание, нужно достичь определенной шероховатости, но в современном приборо- и машиностроении большое внимание уделяется такому параметру, как точность формы. Зачастую при минимальной шероховатости, при которой можно получить качественное склеивание, невозможно обеспечить требуемые параметры точности поверхности. Поэтому появляется проблема обеспечения требуемого качества склеивания при одновременном обеспечении параметров точности поверхности.

Целью работы являлось выявление влияния микрорельефа поверхности на качество склеивания при сдвиге.

Клеевое соединение – неразъемное соединение, образованное за счет использования клея.

Клеевые соединения получают все более широкое применение в связи с увеличением их надежности. Создание высококачественных синтетических клеев позволяет клеевым соединениям соперничать по прочности с такими видами соединений, как сварка, пайка, клепка.

Помимо этого, немаловажным преимуществом клеевых соединений является возможность соединять практически любые материалы. Клеевые соединения в приборо- и машиностроении используются, как правило, в алюминиевых, латунных, стальных и прочих материалах, соединение которых возможно обеспечить в любых сочетаниях.

Основными видами соединений, которые выполняются при помощи клеящего вещества, являются соединения, испытывающие сдвиговую нагрузку или работающие на равномерный отрыв. Предел прочности таких соединений составляет порядка 20–35 Мн/м² (200–350 кг/см²), в отдельных случаях и выше.

В отличие от других способов образования неразъемных соединений достоинство клеевого состоит в равномерности распределения механических

напряжений по шву. При грамотной предварительной обработке в зоне контакта при склеивании не возникает коррозии, в большинстве своем эти соединения герметичны и непроницаемы для жидкостей и паров. Клееное соединение не нарушает структуру и свойства склеиваемых изделий и позволяет соединять поверхности значительных размеров и сложной формы. Помимо этого, клееные соединения широко применяются и при склеивании тонкостенных и легких конструкций, где другие способы образования соединений просто невозможны.

Основными недостатками клееных соединений являются: небольшая тепловая стойкость (в большинстве случаев прочность клееного соединения при температуре выше 90°C резко снижается); к недостаткам также можно отнести и продолжительное время сушки; недолговечность; ползучесть; для обеспечения стойких и герметичных соединений требуется нагрев. В некоторых случаях, для достижения лучших результатов применяют комбинированные соединения.

Качество склеиваемых поверхностей в существенной мере определяет прочность соединения. Для получения качественного клееного соединения, соответствующего условиям эксплуатации изделия, предъявляют определенные требования к физико-механическим свойствам, точности обработки и шероховатости поверхности. Для обеспечения должного сцепления клея с поверхностью в отдельных случаях требуется предварительно повысить значение параметра шероховатости поверхности.

Так, например, поверхности оправ, на которые приклеиваются оптические детали, должны быть достаточно шероховатыми. В то же время к ним предъявляется требование по плоскостности, которое обеспечивается при их чистовой обработке. При этом величина припуска, удаляемого с них, незначительная (0,3–0,4 мм) и соответственно они получаются более гладкие, чем это нужно, а их обработка с большей глубиной резания (1–1,3 мм) может привести к появлению внутренних напряжений и короблению детали, что недопустимо. Увеличивать шероховатость этих поверхностей вручную шкуркой не целесообразно, так как будет нарушено требование по плоскостности [1].

Исходя из этого, для повышения качества склеивания предлагается наносить на контактную поверхность резанием регулярные микрорельефы, практически одинаковой формы и размеров, со строго заданным взаиморасположением (РМР) [2]. Это позволит увеличить площадь контактной поверхности с клееным веществом, не нарушая требований к плоскостности.

Регулярный микрорельеф или РМР – шероховатость поверхности, имеющая определенную регулярность. От характера микрорельефа зависят такие эксплуатационные свойства деталей, как устойчивость к коррозии, адгезия, износостойкость, усталостная прочность и т.п.

Требуется выявить оптимальную форму микрорельефа, за счет которой наилучшим образом будет удерживаться клей. Основной перспективной формой микрорельефа являются синусоидальные канавки, образующие частично регулярный микрорельеф (ЧРМР), так как такой вид микрорельефа позволяет повысить сопротивление сдвигу вне зависимости от его направления [3]. Микрорельеф может представлять собой, как систему пересекающихся канавок, так и непересекающихся. При этом получение ЧРМР на контактной поверхности проводится на том же оборудовании, что и ее окончательная обработка.

Синусоидальный микрорельеф, в случае склеивания материалов в вертикальной плоскости, будет препятствовать стеканию клея.

Независимо от области применения клееного соединения, варьируя параметрами микрорельефа, можно достичь оптимального вида микрорельефа, и

соответственно оптимальной склеиваемости материалов.

В зависимости от используемых режимов резания и инструмента также изменяется и субмикрорельеф. Под субмикрорельефом понимается шероховатость внутри канавок.

Для обеспечения заданных эксплуатационных свойств в данной работе использовался «непараметрический» подход оценки шероховатости поверхности. Такой метод был предложен профессором В.А. Валетовым. В его основе, в качестве критериев, применяются графики различных функций. Такой метод позволяет составить точное описание оптимальной микрогеометрии и контролировать качество получаемых деталей в каждом конкретном случае [4].

Несомненным превосходством данного метода над существующим стандартом является высокая точность оценки и возможность обеспечения заданного эксплуатационного свойства, что в условиях точного приборостроения, безусловно, очень важно.

Для анализа профилограмм, снимаемых с опытных образцов с помощью непараметрического подхода, используется «Программа автоматизированного контроля микрогеометрии поверхностей с помощью непараметрических критериев» [5].

Для выявления зависимости между типом микрорельефа и прочностью соединения при приложении нагрузки на сдвиг, был проведен ряд экспериментов.

Перед проведением эксперимента были проведены предварительные испытания на сдвиг на образцах без микрорельефа.

На первом этапе было выявлено, какое влияние оказывает форма наносимого на поверхность контакта микрорельефа на сопротивление усилию сдвига.

Следующим этапом стало исследование влияния регулярного микрорельефа, а также влияние субшероховатости внутри канавок на качество клеевых соединений.

В соответствии с теорией планирования эксперимента был разработан план проведения испытаний для выявления этих зависимостей, на основании которого были проведены все испытания.

После был проведен анализ результатов, в соответствии с которым было выявлено, что влияние, оказываемое шероховатостью поверхности внутри канавок, ничтожно мало.

Из-за обширного внедрения новейших конструкционных материалов и высокопрочных легированных сталей, многие из которых плохо свариваются, возрастает интерес к применению клеевых соединений. Предлагаемый способ повышения качества клеевого соединения позволяет увеличить площадь контакта сопрягаемых поверхностей с клеящим веществом, что обеспечивает более прочное сцепление поверхностей.

Основным направлением применения данного способа повышения прочности соединений считается область приборо- и машиностроения. Соединения такого вида позволят в значительной мере повысить сопротивление сдвиговой нагрузке, так как разрушение такого вида соединения деталей требует приложения большего усилия на разъем.

В данной работе была экспериментально подтверждена гипотеза о том, что прочность клеевого соединения зависит не только от свойств клеящего вещества, но и от профиля поверхностного слоя склеиваемых образцов, как на микроуровне, так и на макроуровне. Было установлено, что шероховатость поверхности приносит свой небольшой вклад в конечную прочность клеевого соединения, причем предположение о том, что чем грубее шероховатость, тем лучше

схватывание, не подтвердилось. Для максимизации вклада шероховатости внутри канавок в прочность склеивания образцов, необходимо экспериментально установить оптимальный профиль поверхности для конкретного клеящего вещества.

Влияние на прочность склеивания металлов наличия канавок регуляризации оказалось довольно существенным. В рамках проводимого эксперимента было достигнуто почти двукратное повышение прочности клеевого соединения. Это было достигнуто путем нанесения регулярного микрорельефа на обе сопрягаемые поверхности.

Кроме того, данный способ можно применять и при склеивании разнородных материалов. Так, например, в рамках проекта «спектр-УФ», предлагается наносить на поверхности оправ регулярный микрорельеф с целью повышения прочности клеевого соединения линзы с поверхностью оправы. В связи с предъявлением высоких требований к поверхностям оправ, достижение прочного склеивания возможно только за счет имитации «грубой» шероховатости путем нанесения канавок регуляризации. Это позволило увеличить площадь контакта с одной из поверхностей, а также соблюсти все требования к контактными поверхностям, предъявленным на чертеже.

Для дальнейшего развития данной тематики необходимо провести опыты, результаты которых позволят установить влияние наличия регулярного микрорельефа на поверхности одного из образцов на сопротивление разрыву.

Помимо этого, можно выявить зависимость между шероховатостью внутри канавок регуляризации и максимальной силой разрыва.

Также возможно дальнейшее экспериментирование с различными видами клеящего вещества и материалами.

Заключение: для реализации предложенного способа повышения надежности различных видов соединений, как клеевых, так винтовых или комбинированных, не требуется никакого специального инструмента и оборудования. Ввиду широкого распространения оборудования с ЧПУ на современных предприятиях, реализация данного способа получения контррельефа в условиях уже существующего производства крайне проста и незатратна.

Литература

1. Кузьмин Ю.П., Помпеев К.П., Целищев А.А. Исследование влияния регуляризации микрорельефа поверхностей на качество склеивания стекла с металлом // Изв. вузов. Приборостроение. – 2014. – Т. 57. – № 8. – С. 65–67.
2. Валетов В.А., Иванов А.Ю. Непараметрический подход к оценке качества изделий // Металлообработка. – 2010. – № 6. – С. 55–59.
3. Шнейдер Ю.Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. – 247 с.
4. Валетов В.А. Возможные критерии оценки шероховатости обработанных поверхностей // Труды Ленинградского кораблестроительного института. – 1976. – Вып. 108. – С. 135–140.
5. Валетов В.А., Филимонова Е.А. Программа автоматизированного контроля микрогеометрии поверхностей с помощью непараметрических критериев. Технологическая подготовка производства // Металлообработка. – 2011. – № 5. – С. 44–47.



Чугина Юлия Владимировна

Год рождения: 1991

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра систем управления и информатики, группа № 6147

Направление подготовки: 220100 – Интеллектуальные системы
управления техническими процессами
e-mail: yofrid@mail.ru

УДК 519.718.3

**УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИМИ СЕТЯМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ
К ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ СЕТЯМ**

Ю.В. Чугина

Научный руководитель – д.т.н., профессор И.Б. Фуртат

Введение. Направление исследований в настоящей работе лежит в области управления динамическими сетями в условиях параметрической неопределенности, внешних возмущений и ограничений на сигналы управления. На сегодняшний день предложено достаточное количество работ по управлению динамическими сетями, однако немногие из них учитывают наличие ограничений на управляющие сигналы, что на практике может привести к ухудшению качества функционирования систем. Наиболее часто встречающееся ограничение – типа насыщение.

Задача исследований в настоящей работе заключалась в определении условий сохранения устойчивости функционирования системы, и повышении точности синхронизации подсистем. Для решения задачи синхронизации использовалась децентрализованная робастная система управления с компенсацией конечномерных возмущений методом внутренней модели [1]. Условия устойчивого функционирования системы и достижимости поставленной цели управления выводятся с использованием теоремы Ляпунова.

Из известных аналогичных работ, стоит отметить результат [2], где выводится условие синхронизации объекта с эталонной моделью в условиях насыщения при использовании адаптивного алгоритма управления. К сожалению, точность слежения в алгоритме не задается априорно, хоть и дается оценка ее возможных значений. К тому же, для реализации алгоритма требуется измерение всех переменных состояния объекта, что не всегда возможно. Настоящая работа опирается на результат, полученный в [3]. Его преимуществом в сравнении с алгоритмом [2] является возможность обеспечения априорно заданной точности и отсутствие необходимости измерения всех переменных состояния объекта. Разработанный алгоритм управления является расширением на случай динамической сети.

В качестве возможного практического применения разработанного алгоритма управления рассматривается задача автоматического регулирования возбуждения синхронных генераторов (СГ). При параллельной работе на СГ воздействуют различные виды возмущающих воздействий. В силу того, что они могут привести к выпадению генераторов из синхронизма, важно обеспечить автоматическую стабилизацию. Полученный в работе результат представляет собой относительно простой алгоритм автоматического управления, доставляющий управляемой системе требуемые соответствующими стандартами показатели качества. Его использование повысит в сравнении с используемыми алгоритмами устойчивость параллельной работы генераторов, точность синхронизации значений и фаз вырабатываемого

напряжения, а, следовательно, снизит перетоки мощности по линиям передачи и повысит экономичность и надежность работы электроэнергетической сети.

В отличие от аналогичных результатов по управлению сетями генераторов, полученных Д. Хиллом [4], в настоящей работе предложен алгоритм управления сетью электрических генераторов при измерении только относительной частоты ротора каждого генератора в условиях параметрической неопределенности и ограничений на сигнал управления. Работоспособность полученного алгоритма иллюстрируется при помощи методов компьютерного моделирования в среде Simulink, MATLAB.

Постановка задачи управления. Пусть сеть состоит из k подсистем, динамика функционирования которых описывается уравнением вида

$$\begin{aligned} \dot{x}_i(t) &= A_i x_i(t) + B_i g_i(u_i) + \sum_{j=1, j \neq i}^l D_{ij} x_j(t) + \sum_{j=1, j \neq i}^v M_{ij} g_j(u_j) + F_i f_i(t), \\ y_i(t) &= C x_i(t), \quad x_i(0) = x_{0i}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $l, v \in \{0, 1, \dots, k\}$; $x_i(t) \in R^n$ – вектор состояния i -ой подсистемы; x_{0i} – вектор начальных условий; $y_i(t) \in R$ – скалярный выход; $f_i(t) \in R$ – экзогенное возмущающее воздействие среды функционирования; $x_j(t) \in R^n$ и $g_j(u_j) \in R$ – вектор состояния смежной подсистемы и ее управляющее воздействие, также рассматриваемые как возмущающие воздействия на i -ю подсистему; $C = [1, 0, \dots, 0] \in R^{1 \times n}$; $g_i(u_i) \in R$ – функция насыщения следующего вида

$$g_i(u_i) = \begin{cases} u_i(t), & u_i(t) \in [\bar{\alpha}_i, \bar{\beta}_i], \\ \bar{\alpha}_i, & u_i(t) < \bar{\alpha}_i, \\ \bar{\beta}_i, & u_i(t) > \bar{\beta}_i, \end{cases} \quad i = \overline{1, k}, \quad (2)$$

где $u_i(t) \in R$ – скалярный вход подсистемы, $\bar{\alpha}_i, \bar{\beta}_i \in R$. Только выходы $y_i(t)$ подсистем доступны для измерения.

Модель лидера сети задается в виде

$$\dot{x}_L(t) = A_L x_L(t) + B_L r(t), \quad y_L = C x_L(t), \quad x_L(0) = x_{0L}, \quad (3)$$

где $x_L(t) \in R^{n \times 1}$ – вектор состояния; x_{0L} – вектор начальных условий; $r(t) \in R$ – кусочно-непрерывное задающее воздействие; $y_L(t) \in R$ – выходной сигнал; $A_L \in R^{n \times n}$ – гурвицева матрица.

Цель управления: обеспечить ограниченность всех сигналов в системе и выполнение условия

$$|y_i(t) - y_L(t)| < \delta, \quad \text{при } t > T, \quad (4)$$

где $T > 0$ – время, по истечении которого выполняется (4); $\delta > 0$ – требуемая точность.

Алгоритм управления. Для решения поставленной задачи предлагаемым в работе алгоритмом необходимо выполнение ряда условий, среди которых следует отметить то, что элементы матриц A_i, D_{ij} и коэффициенты векторов $x_{0i}, B_i, M_{ij}, F_i, i = \overline{1, k}$ считаются неизвестными числами, но принадлежат известному ограниченному множеству Ξ . Структура алгоритма для каждой из подсистем сети аналогична и включает следующие составляющие:

– функция, аппроксимирующая функцию насыщения (2)

$$u_i(t) = \frac{1}{1 + \sigma_i} (u_{ci}(t) + \sigma_i \gamma_i(t)), \quad i = \overline{1, k}, \quad (5)$$

$$\text{где } \gamma_i(t) = \begin{cases} u_{ci}(t), & u_{ci} \in [\tilde{\alpha}_i; \tilde{\beta}_i], \\ \tilde{\alpha}_i, & u_{ci}(t) < \tilde{\alpha}_i, \\ \tilde{\beta}_i, & u_{ci}(t) > \tilde{\beta}_i, \end{cases} \quad ; \quad \sigma_i \in (-\infty; -1) \cup (0; +\infty); \quad \Delta_i = \alpha_i - \bar{\alpha}_i = \bar{\beta}_i - \tilde{\beta}_i > 0;$$

– вспомогательный контур

$$\dot{e}_{ai} = A_L \varepsilon_{ai} + B_L u_i(t), \quad e_{ai} = C \varepsilon_{ai}(t), \quad \varepsilon_{ai}(0) = 0, \quad i = \overline{1, k}; \quad (6)$$

– закон управления

$$u_{ci}(t) = -\frac{Q_L(p)}{R_L(p)} \bar{z}_i(t), \quad i = \overline{1, k}, \quad (7)$$

где $\bar{z}_i(t)$ – оценка функции рассогласования $z_i(t) = e_i(t) - e_{ai}(t)$, где $e(t) = y_i(t) - y_L(t)$. Динамику $z_i(t)$ можно задать как $\dot{z}_i(t) = A_L z_i(t) + B_L \varphi_i(t)$, $z_i(t) = C z_i(t)$, $i = \overline{1, k}$ или в форме вход–выход в виде $Q_L(p) z_i(t) = R_L(p) \varphi_i(t)$, где $\varphi_i(t)$ – функция, содержащая возмущения системы;

– наблюдатель

$$\dot{\xi}_i(t) = G_0 \xi_i(t) + D_0 (\bar{z}_i(t) - z_i(t)), \quad \bar{z}_i = L \xi_i(t), \quad \xi_i(0) = 0, \quad i = \overline{1, k}, \quad (8)$$

где $G_0 = \begin{bmatrix} 0 & I_{l-1} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$, I – единичная матрица, $L = [1, 0, \dots, 0] \in R^{1 \times l}$,

$D_0 = -[d_1 \mu^{-1}, d_2 \mu^{-2}, \dots, d_l \mu^{-l}]^T$, $G = G_0 - [d_1, d_2, \dots, d_l]^T L$ – гурвицева матрица, $\mu > 0$ – достаточно малая величина.

Чтобы составленный алгоритм управления обеспечивал выполнение поставленной задачи (4), нижеследующее Утверждение должно быть справедливым для рассматриваемой сети.

Утверждение. Пусть выполнены условия предположений алгоритма. Если максимально допустимые, с учетом ограничений (2), значения ошибок слежения $\varepsilon_{pi} \geq 0, i = \overline{1, k}$ таковы, что выполняются условия $\bar{\varepsilon}_{si} \leq \varepsilon_{pi}, i = \overline{1, k}$, то сигналы управления (7) не подвергаются насыщению, и тогда существуют числа $\mu_r > 0$ и $\Delta_{ir} > 0$ такие, что при $\mu \leq \mu_r$ и $\Delta_i \leq \Delta_{ir}, i = \overline{1, k}$, алгоритм управления, заданный уравнениями (5)–(8), обеспечивает выполнение цели управления (4) начиная с момента времени T .

Как следует из доказательства, изменением параметра μ можно добиваться требуемой точности синхронизации.

Задача управления генераторами посредством обмоток возбуждения. Структура управления генерирующим агрегатом такова, что задачу управления им можно разделить на отдельные подзадачи, одной из которых является регулирование возбуждения. Автоматический регулятор возбуждения (АРВ) служит для стабилизации вырабатываемого напряжения.

Положим, что разработанный алгоритм управления применим для АРВ и проверим это путем моделирования. В качестве стабилизируемого параметра будем рассматривать относительную скорость ротора генератора. Модель сети генераторов (СГ) аналогична используемой в работе [4], а модель АРВ аналогична приведенной ранее структуре управления для динамического порядка модели $n = 3$. Рассмотрим функционирование системы управления на примере сети, состоящей из четырех СГ, в которой для наглядности действия АРВ происходит кратковременное короткое замыкание. Числовые значения параметров сети выберем произвольным образом из заданного в [4] класса неопределенности. Пределы напряжения на обмотке возбуждения задаются интервалом $u_{fi}(t) = [-3; 6]$ отн. ед. $i = 1, 4$.

На рисунке, а, приведены результаты моделирования изменения во времени относительных частот генераторов.

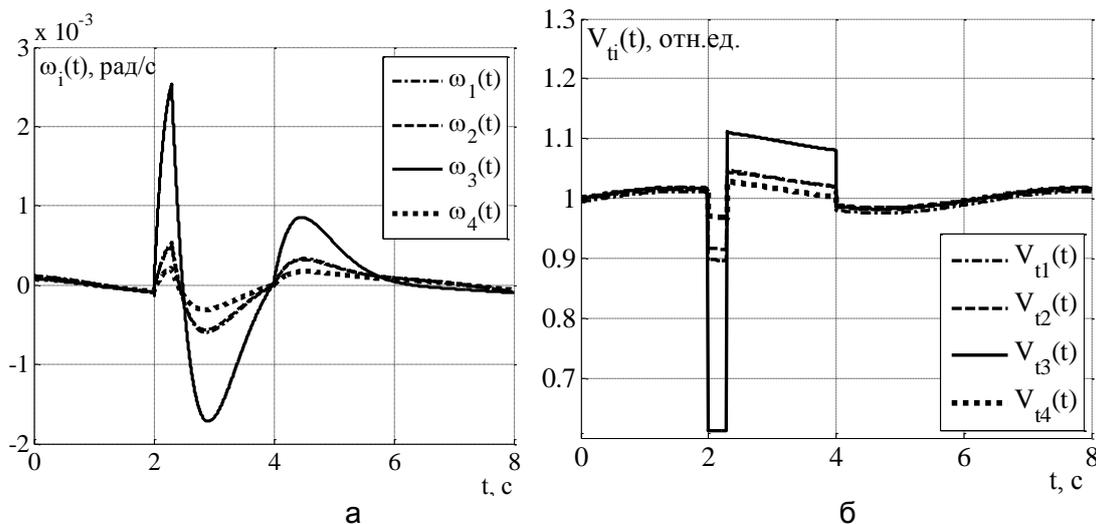


Рисунок. Переходные процессы: по относительным частотам вращения роторов (а); по напряжениям на зажимах статоров (б)

При нормальной работе сети, система управления обеспечивает синхронизацию в среднем с точностью 10^{-4} рад/с. Кроме того, алгоритм управления обеспечивает стабилизацию всех основных режимных параметров генераторов, не допускает критического падения напряжения на зажимах статоров во время аварии и стабилизирует вырабатываемое напряжение после ее ликвидации, как видно из результатов моделирования на рисунке, б.

Переходные процессы по управляющему напряжению показывают, что полученный алгоритм применим в качестве АРВ для сети параллельно работающих СГ и соответствует стандарту ГОСТ 21558-2000 «Системы возбуждения турбогенераторов, гидрогенераторов и синхронных комплексов» для быстродействующих АРВ.

Заключение. Разработан алгоритм управления, позволяющий при помощи ограниченных по величине сигналов управления синхронизировать с заданной точностью динамическую сеть из почти идентичных подсистем, функционирующих в условиях внешних возмущений. В качестве практического применения разработанного алгоритма предлагается его использование для построения автоматического регулятора возбуждения синхронного генератора. Результаты компьютерного моделирования показывают высокую точность и быстродействие регулятора. Дальнейшие исследования по рассматриваемой тематике видятся авторами в учете возможных помех в каналах измерений систем при синтезе системы управления.

Литература

1. Цыкунов А.М. Алгоритмы робастного управления с компенсацией ограниченных возмущений // Автоматика и телемеханика. – 2007. – № 7. – С. 103–115.
2. Schwager M., Annaswamy A.M. Direct Adaptive Control of Multi-Input Plants with Magnitude Saturation Constrains // Proc. 44th IEEE Conf. on Decision and Control, and the European Control Conf. Seville. – 2005. – P. 783–788.
3. Фуртат И.Б. Управление объектами в условиях неопределенности и ограничений на амплитуду входного сигнала // Изв. вузов. Приборостроение. – 2014. – Т. 57. – № 1. – С. 1–7.
4. Gordon M., Hill D.J. Global transient stability and voltage regulation for multimachine power systems // IEEE Power and Energy Society General Meeting – Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century. – 2008. – P. 1–8.

**Шитов Денис Дмитриевич**

Год рождения: 1992

Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра оптико-электронных приборов и систем, группа № 6311Направление подготовки: 200400 – Оптехника

e-mail: qdenisq@gmail.com

УДК 535.67, 621.383, 681.7

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОГО
КЛАССИФИКАТОРА МИНЕРАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ****Д.Д. Шитов****Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. А.Н. Чертов**

На сегодняшний день системы технического зрения (СТЗ) нашли широкое применение во многих сферах человеческой деятельности: на транспорте (для оптимизации транспортных потоков, контроля нарушений правил дорожного движения), в системах контроля качества готовой продукции, в медицине (для автоматического исследования клеток крови, исследования роговицы глаза) и т.д. Однако в области минералогии, при оценке возможности обогащения руд твердых полезных ископаемых, интеллектуальные алгоритмы классификации до сих пор практически не реализованы. Оптический метод анализа минерального сырья известен уже давно, но экспертная оценка осуществляется визуальным способом специалистом минералогом. **Целью работы** являлось исследование возможности создания автоматической системы поиска и тестирования селективных признаков минеральных объектов на примере рудной пробы золотосодержащей руды.

В работе поднят вопрос о создании классификатора для минеральных объектов. При этом входными информационными параметрами для него являются исключительно изображения минералов. Вследствие этого необходимо было провести оценку и выявить основные и наиболее важные оптические свойства минералов. Хотя количество оптических характеристик минеральных объектов и невелико, каждый из них предоставляет обширную область для изучения и анализа. Было решено в качестве информативных признаков минералов выбрать следующие: цветность, наличие блесток, наличие кварцевых прожилок. Каждый из

перечисленных признаков и способ его регистрации будет описан в дальнейшем, тем не менее, стоит для ясности заранее пояснить данный выбор для конкретно-поставленной задачи.

В качестве исходного материала выступает выборка золотосодержащей руды, а конкретно золотокварцевая руда. Большая часть золотосодержащих кварцевых жил или прожилков содержит, по крайней мере, небольшое количество сульфидных минералов. Один из самых распространенных сульфидных материалов – это железный колчедан (FeS_2) – пирит. Пирит – это форма сульфида железа, которая является результатом химической оксидации некоторого количества обязательно присутствующего в породе железа. Кварцевые жилы, содержащие сульфиды железа или оксиды, довольно легко распознать, поскольку они обладают узнаваемой окраской – желтой, оранжевой, красной. Их вид очень похож на вид ржавого окисленного железа. Таким образом, цветность минерала может сказать нам о наличии окислов, которые, в свою очередь, являются признаком наличия золота в руде.

В работе было решено использовать метод k -взвешенных ближайших соседей, а в качестве весовой функции взять экспоненциальную. За этот выбор говорит эффективная устойчивость к выбросам в выборке, а также высокая обобщающая способность. В том числе следует отметить простоту понимания данного метода, а значит, результаты работы алгоритма могут быть легко интерпретируемы и проанализированы, в чем в сущности и состояла цель настоящей работы.

Для настройки цветовоспроизведения полученных снимков объектов была предложена блок-схема алгоритма автоматической коррекции цветопередачи узла регистрации классификатора (рис. 1), заключающая в последовательном преобразовании всех точек цветового пространства, построенного по показаниям сигнала камеры. Для построения цветового пространства используется аддитивная цветовая модель RGB, которая является наиболее удобной для цветовоспроизведения и не вызывает трудностей при линейных преобразованиях.

Преобразование точек происходит на основе анализа сигнала оптико-электронной системы технического зрения при наблюдении тестовой колориметрической таблицы в заданных условиях освещенности рабочей зоны. На данный момент такие таблицы используются в качестве эталонных образцов для оценки качества цветопередачи цветных телевизионных систем наблюдения. Они представляют собой таблицы, содержащие ячейки различных цветов с известными цветовыми координатами, которые для предлагаемого метода будут являться «опорными цветами». Использование такой таблицы позволяет произвести анализ показаний сигнала камеры во всех областях цветового пространства.

На рис. 2 представлена гистограмма, отображающая количество классификаций с определенной погрешностью классификации. По оси абсцисс соответственно лежат интервалы погрешностей, а по оси ординат процент классификаций с соответствующей точностью. В ходе обучения было проведено более 100000 запусков работы классификатора с различными параметрами. Таким образом, выявлены оптимальные параметры классификатора для данной выборки, представленные на слайде. При таких значениях относительная погрешность составила менее 4,5%. Следует отметить, что для любой другой выборки данные параметры не будут являться оптимальными. Соответственно необходимо заново проводить процесс обучения. Но так как он проходит в автоматическом режиме – это не требует никаких дополнительных действий от оператора. При этом использование параллельных процессов и оптимизация предложенных алгоритмов позволяет производить обучение без ощутимых временных затрат.

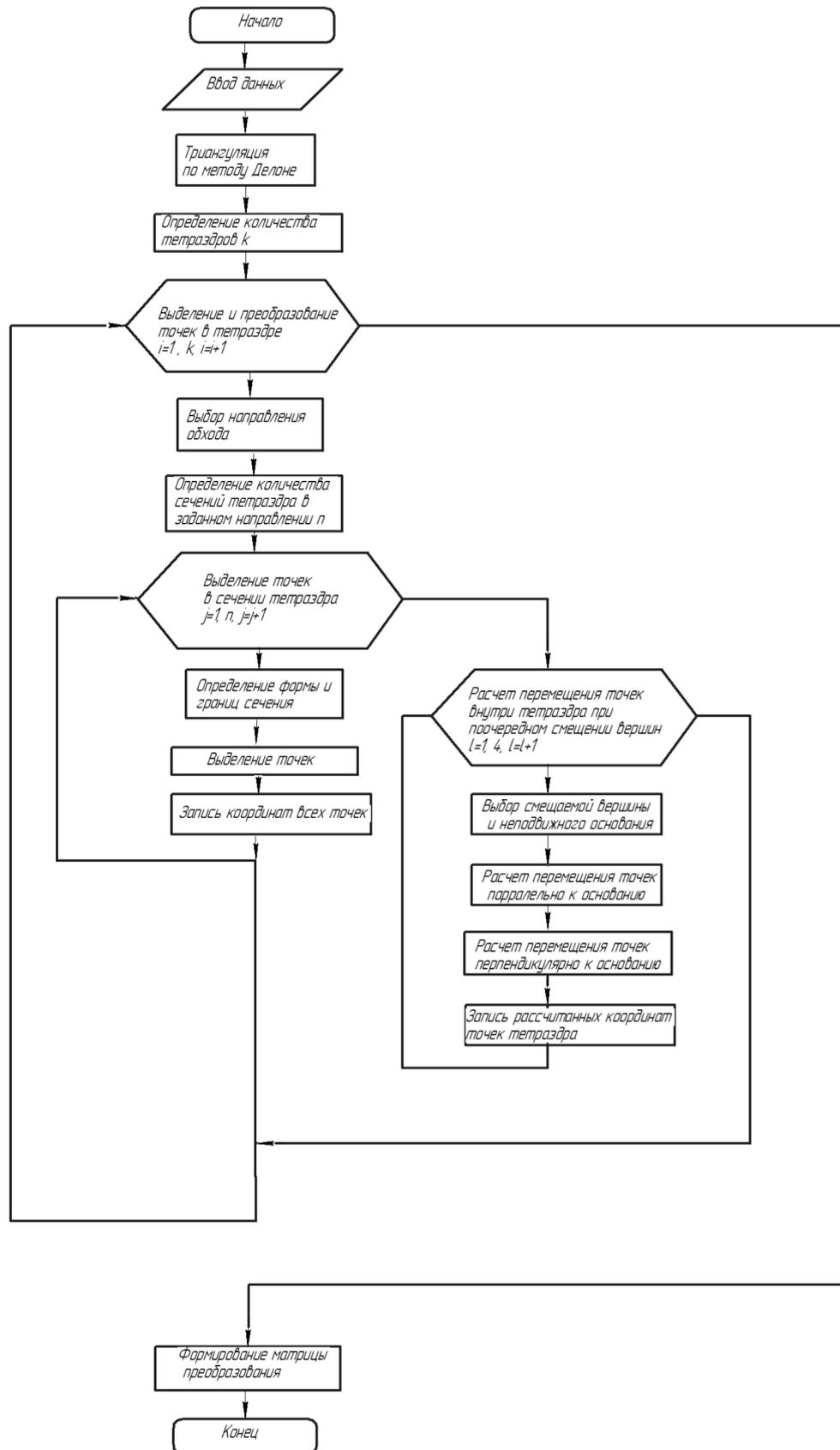


Рис. 1. Блок-схема настройки цветовоспроизведения

В соответствии с поставленными целью и задачами были достигнуты следующие конкретные результаты:

- определен набор селективных признаков разделения для классификатора: количество блесток на поверхности образца, длина прожилок, цветность;

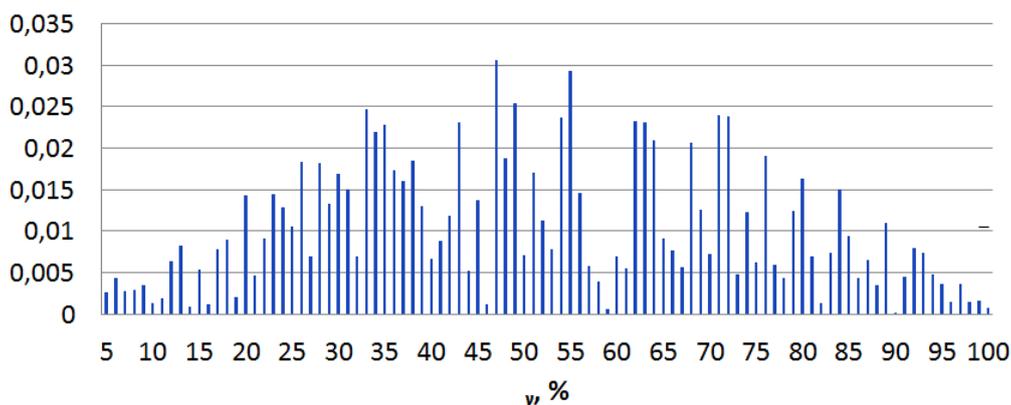


Рис. 2. Распределение результатов классификаций по относительной погрешности классификации

- разработаны структуры алгоритмов обнаружения и анализа селективных признаков для классификации минеральных объектов. При этом установлено, что с учетом особенностей объектов оптимальным решением для поиска границ на изображении является использование оператора Собеля;
 - разработано базовое программное обеспечение с широкими возможностями анализа полученных результатов. При этом анализ можно произвести как в интерактивном режиме в самой программе, так и сохранить результаты в отчет;
 - разработан алгоритм автоматической коррекции цветопередачи узла регистрации классификатора. Погрешность цветовоспроизведения с использованием предложенного метода снизилась с нескольких десятков процентов до менее чем 3%;
 - сформирована установка и произведен подбор объектов анализа для проведения экспериментальных исследований;
 - проведен комплекс исследований и произведена обработка результатов.
- Таким образом, были достигнуты все поставленные цели и задачи.

Литература

1. Кобзев А.С., Брылов Д.С., Пичугин А.Н., Тихвинский А.В. Применение фотометрической сортировки при переработке промышленных и бытовых отходов // Экологические проблемы индустриальных мегаполисов. Труды IV международной научно-практической конференции. – М., 2007. – С. 56–59.
2. Годен Ж. Колориметрия при видеообработке / Пер. с франц. А.Л. Лаут. – М.: Техносфера, 2008. – 330 с.
3. OptoSort [Электронный документ]. – Режим доступа: <http://www.optosort.com/home.html>, своб.
4. Reinhardt C. The Use of a Mogensen Sizer and MikroSort Optoelectronic System in Aluminium Production // Germany, Aufbereitungs Technik. – 2002. – V. 43. – № 7. – P. 11–16.
5. Кобзев А.С., Ольховский А.М., Банщиков Е.А., Шилкин А.Н., Толмачев Г.Ф. Проведение испытаний предварительного обогащения золотосодержащих руд месторождения «Коневинское» фотометрическим методом сепарации на промышленных сепараторах COMMODAS // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Новые и нетрадиционные типы месторождений полезных ископаемых Прибайкалья и Забайкалья». – 2010.

**Шмигельский Григорий Михайлович**

Год рождения: 1992

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра систем управления и информатики, группа № 6147Направление подготовки: 220100 – Интеллектуальные системы
управления техническими процессами

e-mail: gribka16@gmail.com

УДК 681.51

УПРАВЛЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ**Г.М. Шмигельский****Научный руководитель – к.т.н., доцент Ю.В. Литвинов**

В настоящее время управление беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) осуществляется, зачастую, в ручном режиме по командам оператора и с использованием позиционирующих датчиков. Но в случаях, когда необходимо одновременно управлять большим количеством беспилотников, человеческих ресурсов может не хватить, также немаловажным является высокая вероятность отказов БПЛА из-за потери связи. Не говоря уже о том, что по статистике около 26% аварий беспилотных летательных аппаратов происходят по вине человека. В связи с этим существует потребность в увеличении уровня автономности БПЛА при решении поставленных целевых задач, таких как планирование и автоматическое управление полетом по заданной траектории, благо стремительный рост быстродействия вычислительной техники дает такую возможность.

В работе предложены алгоритмы полета квадрокоптера по заранее заданной траектории, а также, возможность детектирования объектов, в частности, лица человека, реализованные в программных приложениях.

Одна из основных **целей работы** – это продемонстрировать алгоритм, способный заменить человека в зонах опасных для жизни, обеспечивающий максимально быстро и эффективно определить местоположение пострадавших и (или) источник техногенной катастрофы. Также уменьшить необходимость в человеческих ресурсах при исследовании или слежении и снизить до минимума влияние человеческого фактора, при управлении БПЛА.

В начале работы была создана программа, дающая возможность удобно задавать желаемую траекторию. Для формирования траектории была создана область рисования компьютерной мышью в окне программы.

Полученная траектория представляет собой множество точек на декартовой плоскости с координатами (x, y) . Полученные данные имеют числовое представление в форме массива точек. Перемещение квадрокоптера по траектории в горизонтальной плоскости представляет собой следующие движения: движение по прямой, соединяющей точки начала и конца элемента-отрезка; вращение вокруг вертикальной оси, проходящей через центр квадрокоптера.

Расчет длины продольного перемещения вычисляется как расстояние между двумя точками (в пикселях), умноженное на коэффициент масштабирования. Этот коэффициент рассчитывается в зависимости от размеров площадки для полета и области рисования на дисплее. Угол поворота вычисляется как угол между двумя векторами. Главное окно программы представлено на рис. 1.

Рассчитанные углы и расстояния между точками посредством регулятора формируют управляющее воздействие для ArDrone, отправляемое в режиме реального времени с использованием данных с датчиков для более точного следования по

траектории. Движение осуществляется в горизонтальной плоскости без учета изменения высоты летательного аппарата относительно земли. При достижении квадрокоптером конечной точки траектории приложение отправляет команду посадки.

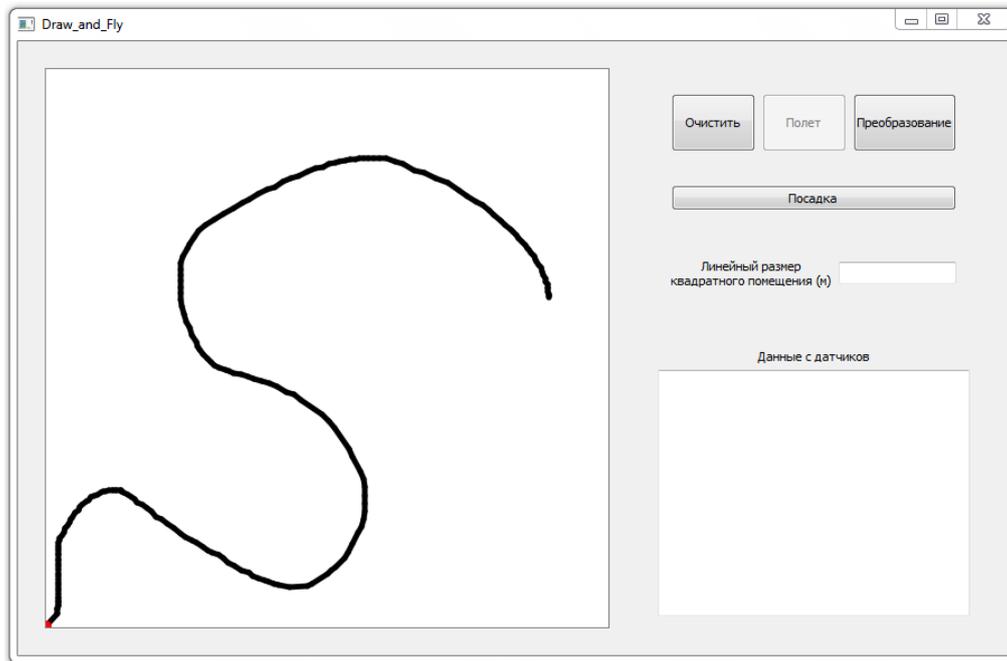


Рис. 1. Окно программы с нарисованной пользователем траекторией

Исходя из возможности, расширить круг задач, для которых можно применить данный алгоритм движения по траектории, было решено добавить слежение за объектом на примере лица человека. Данный алгоритм построен на методе распознавания лица Виолы–Джонса, имеющим хорошие показатели по идентификации лица человека. Была разработана система управления полетом за движущимся объектом, которая также была испытана на квадрокоптере ArDrone.

Для решения задачи полета за объектом на примере лица человека, были проанализированы существующие методы и алгоритмы детектирования лиц, было выявлено, что для достаточно быстрого и эффективного распознавания лиц в режиме реального времени является метод Виолы–Джонса, также этот метод прост для применения [1, 2].

Чтобы реализовать выбранный алгоритм было решено использовать программу, написанную на открытом API для ArDrone [3], поскольку было необходимо лишь опробовать выбранный метод детектирования лица человека. При поиске готовых программ с открытыми исходными кодами была найдена программа ArDrone-Control-.NET [4], написанная на языке C#.

Для работы с видео использовалась библиотека Emgu CV – кроссплатформенная «обертка» для .NET библиотеки обработки изображений OpenCV (основной библиотеки). Emgu CV также называют библиотекой машинного зрения. В сборку данной библиотеки вошли все необходимые функции и процедуры, включая алгоритм детектирования лица Виолы–Джонса по признакам Хаара.

Основные принципы, на которых основан метод, таковы:

- используется интегральное представление изображения – это матрица, соответствующая размерам исходного изображения. В каждом элементе матрицы хранится сумма интенсивностей всех пикселей, находящихся левее и выше данного элемента;

- используются признаки Хаара, с помощью которых происходит поиск нужного объекта. Признаки Хаара дают точечное значение перепада яркости по оси X и Y соответственно;
- используется бустинг (от англ. boost – улучшение, усиление) для выбора наиболее подходящих признаков для искомого объекта на данной части изображения;
- все признаки поступают на вход классификатора, на выходе которого получаем результат «верно» либо «ложь»;
- используются каскады признаков для быстрого отбрасывания окон, где не найдено лицо.

Отклонение найденного на кадре лица человека от центра кадра и является ошибкой, которую реализованный программно регулятор сводит в область около нуля.

Тестирование алгоритмов производилось на квадрокоптере ArDrone, результаты приведены на рис. 2.

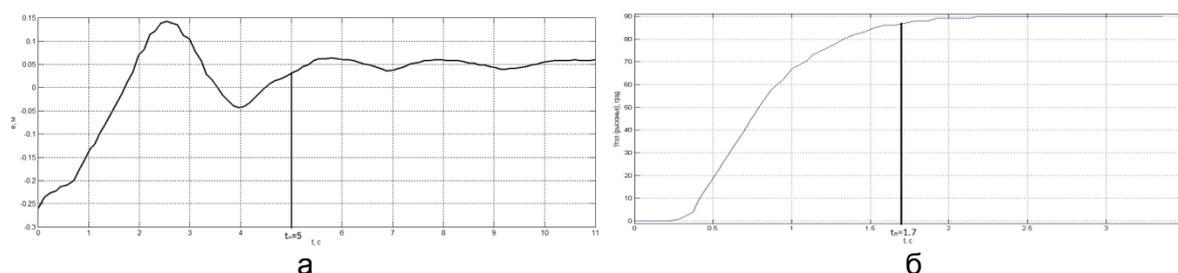


Рис. 2. Ошибка слежения за лицом человека в горизонтальной плоскости в режиме слежения за объектом (а); ошибка поворота на заданный угол 90° в режиме полета по траектории (б)

В изложенной работе описан способ задания траектории вручную, при помощи рисования, что дает наглядное представление о будущих движениях робота, также протестирован алгоритм движения по траектории на реальном роботе. В ходе тестирования было выявлено, что квадрокоптер отрабатывает поворот на необходимый угол практически без погрешности. К сожалению, всем известную проблему одометрии решить пока не удалось, соответственно, с полетом на определенную дистанцию имеются весомые погрешности, порядка 5% от необходимого расстояния, что связано с методом вычисления перемещения, путем интегрирования скорости по времени. При тестировании алгоритма слежения за объектом было выявлено, что метод Виолы–Джонса для распознавания лиц плохо работает в условиях недостаточного освещения, но в условиях хорошего освещения алгоритм работает с минимальной погрешностью, не более 5–7%.

Литература

1. Viola P., Jones M.J. Robust real-time face detection // International Journal of Computer Vision. – 2004. – V. 57. – № 2. – P. 137–154.
2. Viola P., Jones M.J. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features // IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2001. – V. 1. – P. 511–518.
3. Piskorski S., Brulez N., Pierre E. ARDrone Developer Guide, 2011. – 107 с.
4. Endres T., Hobley S., Vinel J. ArDrone Control .NET – An application for flying the Parrot AR drone in Windows [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/shtejv/ARDrone-Control-.NET/blob/master/Readme.txt>, своб.



Щербинин Дмитрий Павлович

Год рождения: 1991

Факультет фотоники и оптоинформатики, кафедра оптической физики и современного естествознания, группа № 6355

Направление подготовки: 200700 – Фотоника и оптоинформатика

e-mail: shcherbinin.dmitrij@gmail.com

УДК 544.252.22

ВЛИЯНИЕ ДОПИРОВАНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ КВАНТОВЫМИ ТОЧКАМИ НА СВОЙСТВА НЕМАТИЧЕСКОГО ЖИДКОГО КРИСТАЛЛА

Д.П. Щербинин

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Е.А. Коншина

Работа выполнена в рамках тем НИР: № 14705 «Исследование свойств композитных сред на основе жидких кристаллов и наночастиц. Проектная часть госзадания Минобрнауки на 2014–2016 г.г.» и № 414669 «Исследование оптических и диэлектрических свойств нематического жидкого кристалла допированного квантовыми точками CdSe/ZnS, 2014 г.».

Жидкие кристаллы (ЖК) представляют собой промежуточное состояние вещества, сочетающее в себе свойства кристаллов и жидкостей и обладающее анизотропными оптическими и электрическими свойствами, управляемыми электромагнитными полями. В настоящее время ЖК-технологии занимают большую часть многомиллионного рынка экранов и дисплеев, и эта тенденция будет продолжаться в течение, по крайней мере, следующих 10 лет. Для совершенствования ЖК-устройств создаются и изучаются новые среды. Активно проводятся исследования по разработке и изучению композитных материалов на основе ЖК-матриц, допированных нанокристаллами (НК) [1]. Особый интерес вызывает допирование ЖК полупроводниковыми квантовыми точками (КТ), которые обладают уникальными оптическими свойствами [2]. Преимуществом использования КТ вместо каких-либо других наночастиц является относительная простота синтеза и меньший разброс их по размерам в ансамблях, получаемых при синтезе [3].

Большой интерес к нанокompозитам на основе ЖК в настоящее время обусловлен успехом первых исследований в данной области, благодаря которым стало ясно, что такие композиты могут стать основой для новых оптико-электронных материалов и приборов на их основе [4].

Основными задачами в этой работе были:

- исследование диэлектрических спектров нематического ЖК и его суспензий с полупроводниковыми КТ;
- разработка методики оценки плотности ионов в ЖК-композитной среде;
- изучение вязкоупругих свойств нематических ЖК (НЖК) и влияние на них допирования КТ;
- изучение динамических характеристик ЖК-устройств и влияния на них допирования КТ.

Исследования проводились на плоскопараллельных ячейках с фиксированным зазором, состоящих из двух стеклянных подложек, на поверхность которых были нанесены слои прозрачного проводящего электрода на основе окислов индия и олова (ITO). Для создания гомогенной ориентации ЖК в качестве ориентирующего слоя использовался натертый слой полиимида (ПИ).

Были исследованы диэлектрические спектры чистого НЖК и его суспензий с КТ. Значения действительной части диэлектрической проницаемости ϵ' определялись из

результатов измерения емкости ячейки на разных тестовых частотах. Мнимую составляющую ε'' получали из измерений тангенса угла диэлектрических потерь δ

$$\varepsilon''(f) = \varepsilon'(f) \cdot \tan \delta(f).$$

При увеличении концентрации до 0,3 вес.% диэлектрическая анизотропия понижалась на 4% в интервале 10^3 – 10^4 Гц. Наблюдался сдвиг пика кривых дисперсии действительной и мнимой частей параллельной составляющей диэлектрической проницаемости в область высоких частот и уменьшение времени релаксации Дебая. Это указывает на ослабление межмолекулярного взаимодействия в ЖК и снижение потенциального барьера для вращения молекул по отношению к короткой оси диполя. Наблюдаемые особенности диэлектрических спектров указывают на изменение ориентационного порядка в НЖК-матрице в результате добавления КТ.

Обнаружено, что с увеличением концентрации КТ повышается проводимость суспензий, о чем свидетельствует рост диэлектрических потерь в диапазоне частот ниже 1 кГц по сравнению с чистым ЖК. Для определения объемной плотности мобильных ионов регистрировались осциллограммы электрического отклика при приложении внешнего электрического поля. Оценка плотности мобильных носителей заряда определялась путем интегрирования по формуле

$$c_i = \frac{1}{eAd_{LC}} \int_0^{t_s} i(t) dt,$$

где A – площадь подложек ЖК-ячейки; e – элементарный заряд; $i(t)$ – сила тока в ячейке при приложении прямоугольного импульса длительностью t_s . Параметры импульса выбирались таким образом, чтобы ионы успели полностью разделяться и скапливаться у поверхности электродов (до окончания нестационарных процессов).

Были исследованы вязкоупругие свойства композитных сред. Для оценки коэффициента упругости для продольно-поперечной деформации K_{11} измерялся порог эффекта Фредерикса U_{th} . Коэффициент упругости рассчитывался по формуле

$$K_{11} = \frac{U_{th}^2 \varepsilon_0 \Delta \varepsilon}{\pi^2},$$

где $\Delta \varepsilon$ – диэлектрическая анизотропия, определяемая как разность продольной и поперечной составляющей диэлектрической проницаемости.

Было установлено понижение коэффициента упругости для поперечной деформации НЖК при добавлении КТ, что вероятно связано с локальным нарушением ориентационного порядка молекул НЖК вблизи КТ.

Результаты проведенных исследований вязкоупругих свойств показали, что добавление КТ в НЖК приводит к изменению эффективной динамической вязкости, связанной с изменением плотности ионов.

Основные параметры ЖК-композитных сред, измеренные в ходе работы, приведены в таблице. Измерения проводились при температуре 25°C. Контроль температуры осуществлялся с помощью интегрированного датчика.

Таблица. Основные характеристики нанокомпозитных сред

| Концентрация, вес.% | Диэлектрическая анизотропия на частоте 5 кГц ($\Delta \varepsilon$) | Время дебаевской релаксации ориентационной поляризации (τ_D), мкс | Коэффициент упругости для продольно-поперечной деформации (K_{11}), пН | Объемная плотность мобильных ионов (c_i) мкм ⁻³ |
|---------------------|---|--|--|--|
| 0 | 10,1 | 0,63 | 7,2 | 768,8 |

| Концентрация, вес. % | Диэлектрическая анизотропия на частоте 5 кГц ($\Delta\epsilon$) | Время дебаевской релаксации ориентационной поляризации (τ_D), мкс | Коэффициент упругости для продольно-поперечной деформации (K_{11}), пН | Объемная плотность мобильных ионов (c_i) мкм ⁻³ |
|----------------------|---|--|--|--|
| 0,1 | 10,1 | 0,39 | 4,4 | 925,0 |
| 0,2 | 9,9 | 0,25 | 3,2 | 1293,8 |
| 0,3 | 9,75 | 0,19 | 0,4 | 2375,0 |

Для измерения электрооптических характеристик ячейка с ЖК размещалась между двумя скрещенными поляризаторами. В качестве источника излучения использовался полупроводниковый лазерный диод с длиной волны 0,65 мкм. Исследования особенностей оптического отклика и релаксации ЖК-ячеек проводились с помощью многокомпонентной модульной системы управления на основе LTR34, позволяющей гибко изменять параметры электрического поля. С помощью компьютерной программы проводились автоматический ввод-вывод и обработки аналоговых и цифровых данных, а также управления оптическим откликом ЖК-устройств.

Результаты проведенных исследований динамических характеристик показали, что допирование полупроводниковыми КТ способствует ускорению времени оптического отклика и понижению порогового напряжения ЖК-устройств. Это связано с изменением диэлектрических и вязкоупругих свойств НЖК в результате допирования. Уменьшение коэффициента упругости и увеличение угла преднаклона способствуют понижению порога электрооптического эффекта Фредерикса в 1,5 раза при допировании КТ с концентрацией до 1,5 мг/мл (рисунок, а) и ускорению оптического переключения (рисунок, б) при приложении внешнего поля на 20%. Увеличение концентрацией КТ до 10 вес. % не понижает пропускание ЖК-матрицы в видимой области спектра, так как вклад экситонного поглощения КТ незначителен.

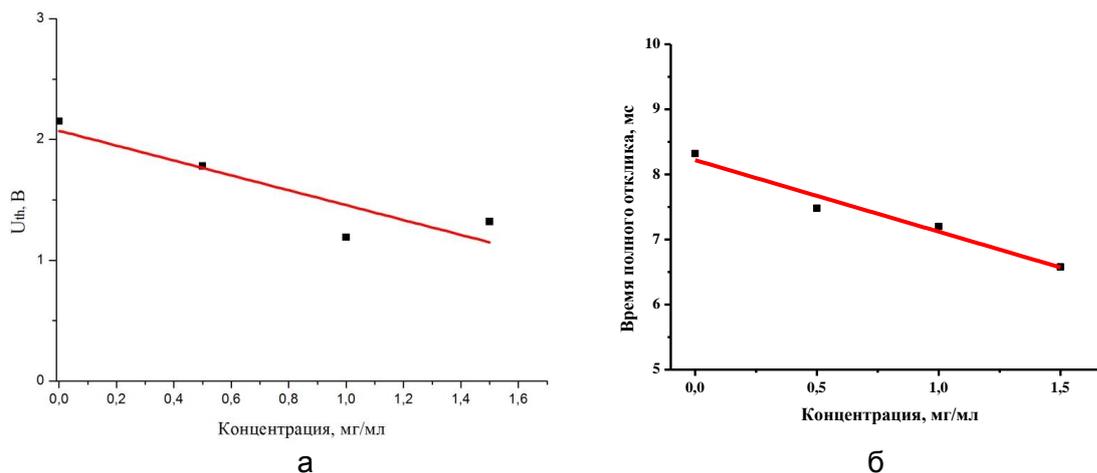


Рисунок. Зависимости: порогового напряжения от концентрации КТ (а); времени оптического отклика от концентрации КТ в НЖК (б)

Вместе с тем допирование КТ приводило к замедлению процесса релаксации, что объясняется увеличением вязкости, связанным с присутствием наночастиц и повышением плотности носителей заряда, а также понижением коэффициента упругости.

Литература

1. Konshina E.A., Galin I.F., Shcherbinin D.P., Gavrish E.O. Study of dynamics and relaxation optical response of nematic liquid crystals doped with CdSe/ZnS quantum dots // *Liquid crystal*. – 2014. – V. 41. – P. 1229–1234.
2. Tamborra M., Striccoli M., Comparelli R., Curri M.L., Petrella A., Agostiano A. Optical properties of hybrid composites based on highly luminescent CdS nanocrystals in polymer // *Nanotechnology*. – 2004. – V. 15. – P. S240–S244.
3. Borchert H., Talapin D.V., McGinley C., Adam S., Lobo A., de Castro A.R.B., Moller T., Weller H. High resolution photoemission study of CdSe and CdSe/ZnS core-shell nanocrystals // *J. Chem. Phys.* – 2003. – V. 119. – P. 1800–1807.
4. Kurachkina M., Shcherbinin D., Konshina E.I. Spectral and dielectric properties of nematic liquid crystal doped semiconductor quantum dots CdSe/ZnS // *Proc. of SPIE*. – 2015. – V. 9519. – P. 95190Z-1.

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



Алтай Ельдос Алтайулы

Год рождения: 1991

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра систем управления и информатики, группа № 6149

Направление подготовки: 221000 – Мехатроника и робототехника

e-mail: aeldos@inbox.ru

УДК 007.52

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ
АППАРАТНОЙ ЧАСТИ КАРДИОГРАФА НА SD-КАРТЕ**

Е.А. Алтай (Университет ИТМО)

Научные руководители: к.т.н., доцент А.М. Попов (Университет ИТМО),
к.ф.-м.н., доцент К.К. Макешева (Казахский национальный технический университет
имени К.И. Сатпаева, г. Алматы)

По статистике Всемирной организации здравоохранения, заболевания сердечно-сосудистой системы являются основной причиной смертности страны [1]. Для снижения этой статистики пока недостаточно эффективной медицинской аппаратуры. Современное состояние радиотехнических и вычислительных средств представляет такую возможность: портативные кардиографы могут отслеживать состояние пациента и могут передавать их в медицинскую организацию.

В связи с необходимостью модернизации современного медицинского оборудования необходимы новые способы повышения точности и стабильности регистрации кардиосигналов в кардиографах. Одной из важнейших проблем для кардиосигналов являются системы фильтрации. Использование методов фильтрации позволяет получить четко очерченные зубцы кардиограммы.

Целью работы являлась разработка схемы кардиографа на современной элементной базе. Необходимо обеспечить фильтрацию кардиосигнала и передачу полученной кардиограммы по беспроводным каналам в центр здравоохранения.

Кардиограф – измерительный прибор, регистрирующий активность сердца. На сегодняшний день существует множество видов кардиографов с разными отведениями. Отведения – это регистрирующие электроды. Например, различают аналоговую или компьютерную (цифровую) электрокардиографию (ЭКГ). Различия между аналоговым и цифровым методами электрокардиографии по метрологическим и техническим характеристикам указаны в работе [2].

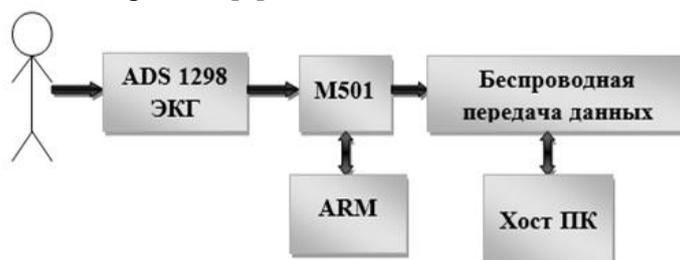


Рис. 1. Блок-схема системы регистрации кардиосигналов

Современный портативный кардиограф оснащен современной элементной базой. Для конструирования аппаратной части кардиографа выбраны микросхемы и микросхема фирмы Texas Instruments (TI). Фирма Texas Instruments обеспечивает компактность компонентов, уменьшает коэффициент энергопотребления и лидирует в

области обработки цифровых сигналов. Низкий уровень энергопотребления свидетельствует о высокой точности диагностики.

Микропроцессор фирмы TI ADS1298 предназначен для использования в биомедицинских приложениях и используется для регистрации сигналов электрокардиографии. На рис. 1 представлена блок-схема регистрации кардиосигнала.

Система сбора данных ЭКГ на основе ADS1298 включает в себя модуль сбора информации и модуль беспроводной связи. Первый модуль отвечает за получение данных ЭКГ, а второй модуль предназначен для беспроводной передачи данных (БПД) ЭКГ. M051 обладает высокой производительностью. На рис. 2, а M051 используется для управления передачи данных ЭКГ.

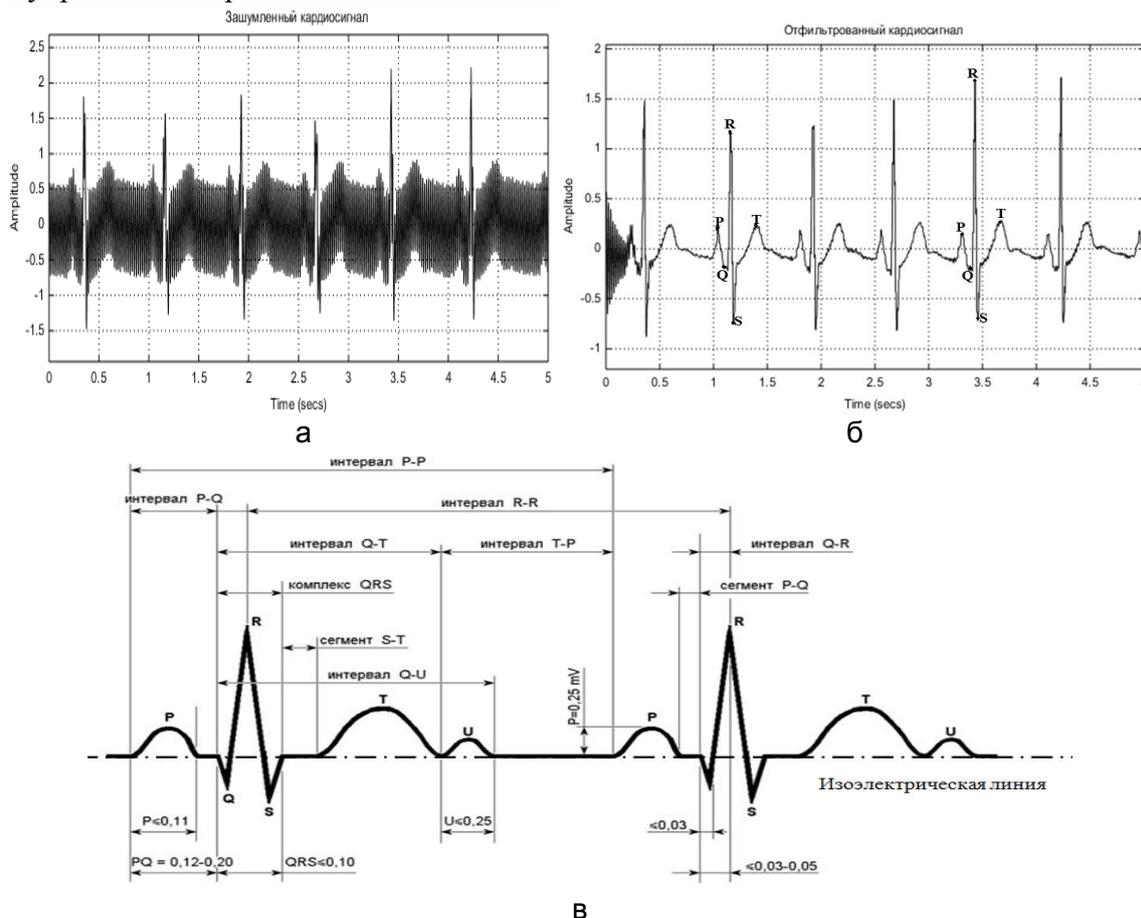


Рис. 2. Результаты компьютерного моделирования: зашумленный кардиосигнал (а); отфильтрованный кардиосигнал (б); типичная скалярная кардиограмма (в)

Беспроводной модуль передачи данных состоит из ПК и микроконтроллера MCU (микроконтроллер с ядром процессора), где nRF24LE используется как беспроводной модуль передачи. В контроллер nRF24LE1 встроен трансивер и антенна передачи данных. Контроллер, по частоте 2,4–2,5 GHz ISM (индустриальная, научная, медицинская полоса), осуществляет передачу кардиограммы по беспроводной связи. M051 используется для получения данных ЭКГ с ADS1298, и передачи их nRF24LE1 по MCU через интерфейс SPI (интерфейс для передачи данных). ARM (улучшенная RICS машина) – микроконтроллер с сокращенным набором команд. Он используется для управления и передачи данных.

Из-за крошечного размера и низкого энергопотребления, 12-канальная система сбора данных ЭКГ на основе ADS1298 идеально подходит для приложений, где миниатюризация является ключевым требованием. Модуль БПД также делает микропроцессор ADS1298 удобным для дистанционного биомедицинского назначения.

За прошедшие годы описаны различные методы удаления помех/шумов сигнала ЭКГ. Но некоторые аналоговые и цифровые подходы к этой проблеме представлены не полностью. Например, применение адаптивного фильтра для цифровой обработки кардиосигнала не полностью сглаживает шумы/помехи кардиоцикла. Также следует отметить, что бывают помехи от электросети 50 Гц, для этого следуют применять различные системы фильтрации.

Режекторная фильтрация активно подавляет мощность помех от электросети 50 Гц. Равномерная пульсация сигнала помехи от электросети имеет высокий порядок, что повышает вычислительную сложность. Применение алгоритма режекторной фильтрации не искажает форму кардиосигнала, для последующей передачи диагноза к врачам. Для реализации фильтрации кардиосигнала режекторным фильтром в работе были вычислены параметры фильтра. В качестве исследования системы фильтрации кардиосигнала было проведено компьютерное моделирование.

Для моделирования сначала нужно сгенерировать кардиосигнал. Сигнал ЭКГ генерировался кодом MATLAB по данным в режиме реального времени. Этот метод фильтрации имеет множество преимуществ при моделировании волновых форм кардиосигналов. Во-первых, экономия времени, во-вторых, устранение шума и, в-третьих, простое обнаружение пиков Q , R , S и зубцов P , T . Пики Q , R , S и зубцы P , T – основная характеристика состояния сердца.

Типичная скалярная кардиограмма должна выглядеть как на рис. 2, в. Существенные особенности формы сигнала – это волны P , Q , R , S , а также длительность каждой волны и временные интервалы, такие как P - R , S - T и Q - T [2].

Результаты моделирования показали, что все пики P , Q , R и зубцы S , T регистрировались без «паразитных» гармоник и искажений. Выбранный тип фильтра соответствует требованиям для обработки сигналов ЭКГ.

Американская ассоциация (American Association) определила стандартные требования для фильтрации оборудования клинической ЭКГ. Зашумленный ЭКГ сигнал оценивается на основе улучшения отношений сигнал/шум SNR (Signal to noise ratio) и среднеквадратического отклонения MSE (Mean Square Error) [3, 4]. Вычисления параметров SNR и MSE приведены в таблице.

Таблица. Значений параметров до и после фильтрации

| Кардиосигнал | До фильтрации | | После фильтрации | |
|--------------|---------------|--------|------------------|--------|
| | SNR, дБ | MSE | SNR, дБ | MSE |
| ЭКГ | -0,7928 | 0,3424 | -3,0756 | 0,1456 |

По результатам вычисления SNR и MSE для режекторного фильтра можно сказать, что значения параметра до фильтрации равны SNR=0,7928 дБ, MSE=0,3424. После фильтрации кардиосигнала, значения параметра SNR=-0,30756 дБ, соответственно MSE=0,1456. Чем меньше значение параметра SNR, тем лучше. По результатам MSE можно сказать, что исследования точные.

Для оценки состояния фильтра были определены частотные спектры кардиосигнала.

Как показано на рис. 3, частотные спектры до фильтрации имеют гармонику колебания на 50 Гц. Соответственно, для частотного спектра после фильтрации можно отметить, что амплитуда шума отфильтрована, частотный состав уменьшился. Режекторный фильтр справился с сигналом ЭКГ, готовая кардиограмма проанализирована или передана в центр здравоохранения.

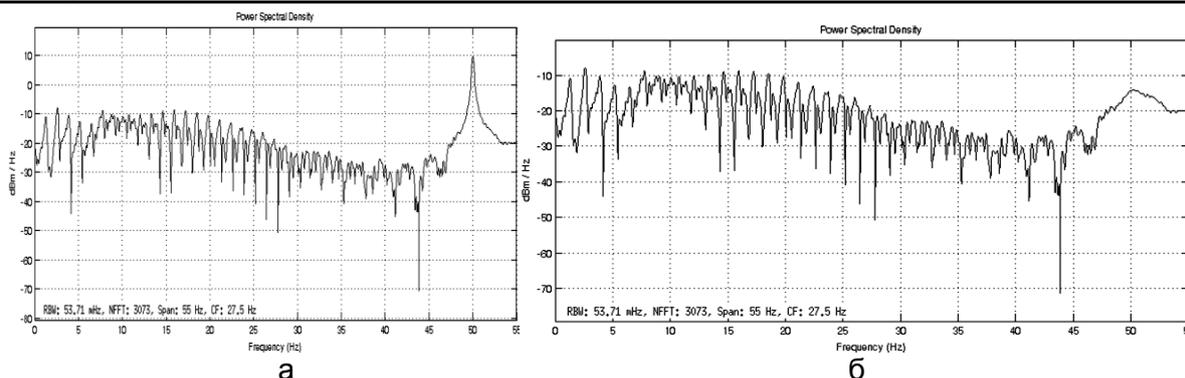


Рис. 3. Частотные спектры кардиосигнала: частотные спектры до фильтрации (а); после фильтрации (б)

Разработка портативных систем для дистанционного контроля сердечной деятельности является одним из актуальных направлений в области телемедицины и удаленной медицинской диагностики. Передача кардиограммы будет осуществляться через SPI-интерфейс и с помощью трансивера, рис. 1.

В блоке БПД используется контроллер nRF24L01. В этот контроллер записывается локальный адрес медицинского центра. Также, в контроллер встроена антенна, работающая на медицинской частоте ISM 2,4–2,5 ГГц. С помощью этой антенны по установленному локальному адресу передается кардиограмма.

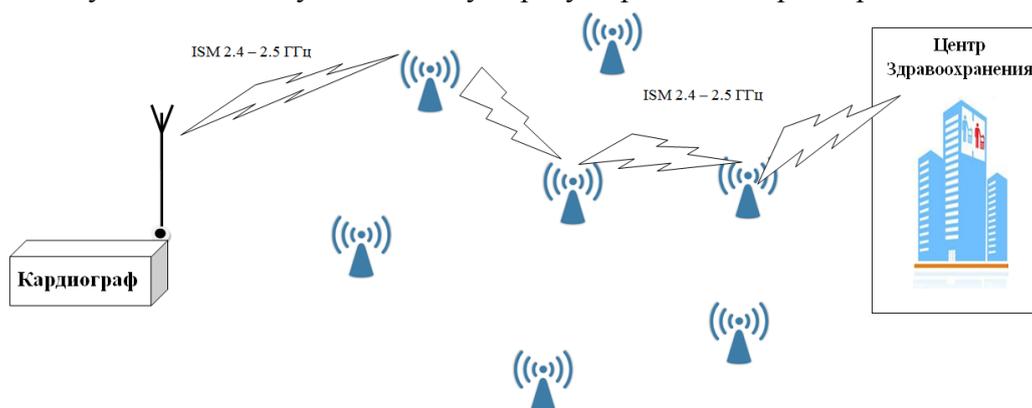


Рис. 4. Передача кардиосигнала по беспроводным каналам

Как показано на рис. 4, кардиосигнал по частоте ISM передается с пункта отправки к вышке приема-передачи сигнала, далее к ближайшей вышке, и так последовательно до центра здравоохранения.

Локальный адрес для больного предварительно привязывается к идентификационному имени больного, для того чтобы врач диагност знал, для какого больного поступает кардиограмма. После принятия кардиограммы врачи обрабатывают кардиограмму и ставят диагноз.

В работе разработана схема портативного кардиографа на современной элементной базе. Исследован алгоритм фильтрации кардиосигнала с помощью режекторного фильтра. Разработана схема передачи полученной кардиограммы по беспроводной связи на медицинской частоте.

Литература

1. Контуров С.В., Латфуллин И.А., Тептин Г.М. Сравнительный анализ погрешности в аналоговой и компьютерной электрокардиографии // Вестник Аритмологии. – 2014. – № 13. – С. 54–58.

2. Xianhong X. Research and design of 12-Lead Synchronization ECG Signal Detection and Analysis System // International journal of medical, pharmaceutical science and engineering. – 2011. – № 5. – P. 257–264.
3. Wang K., Zhang W. Design of ECG Signal Acquisition System Based on DSP // International Workshop on Information and Electronics Engineering. – 2012. – № 5. – P. 3763–3767.
4. Авдиева Д.К., Балохонова М.В., Демьянов С.В. Моделирование влияния фильтров на сигнал ЭКГ в системе MATLAB // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3. – С. 105–112.

**Вологдин Матвей Александрович**

Год рождения: 1991

Институт комплексного военного образования,
кафедра мониторинга и прогнозирования информационных угроз,
группа № 6752Направление подготовки: 090900 – Информационная безопасность
e-mail: vologdinma@gmail.com

УДК 004.056.53

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМАМ ЗАЩИТЫ
ИНФОРМАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ОРГАНОВ ВЛАСТИ
И ОРГАНИЗАЦИЙ****М.А. Вологдин** (Университет ИТМО)**Научный руководитель – д.т.н., профессор В.Г. Швед**
(НОУ ДПО «Учебный центр «СпецПроект»)

Одной из составляющих национальных интересов Российской Федерации в информационной сфере является обеспечение безопасности информационных систем, как уже развернутых, так и создаваемых на территории России. В настоящее время определение требований к информационным системам на предприятиях и в органах власти представляет собой рутинную процедуру, а в условиях постоянного совершенствования законодательства и недостаточной квалификации специалистов могут возникать ошибки, ведущие к неполноте реализованных мероприятий, что может повлечь за собой утечку информации, подлежащей защите.

Целью работы являлась разработка методики определения требований к системам защиты информации информационных систем органов власти и организаций в интересах повышения эффективности работы специалистов по защите информации.

Одной из задач, стоящих перед специалистом по защите информации, является классификация существующих и вновь создаваемых информационных систем, предназначенных для обработки информации ограниченного доступа, а также обрабатываемой в автоматизированных системах управления производственными и технологическими процессами на критически важных объектах. Для этого специалисту необходимо учитывать действующие нормативные правовые акты и нормативно-методические документы по безопасности информации [1–8]. Существующие виды информационных систем, признаки, по которым они классифицируются, возможные классы (уровни) их защищенности представлены на рисунке.

| | |
|---|--|
| <p>Информационная система персональных данных (1–4 уровень защищенности) – на технических средствах происходит обработка информации, прямо или косвенно относящаяся к физическому лицу.</p> | <p>Автоматизированная система (предназначенная для обработки конфиденциальной информации)* (классы защищенности 1А, 1Б, 1В, 1Г, 1Д, 2А, 2Б, 3А, 3Б) – на технических средствах происходит обработка одной из тайн: служебной, тайны следствия и судопроизводства, профессиональной, коммерческой.</p> |
| <p>Государственная информационная система (1–4 класс защищенности) – ИС носит федеральный или региональный статус (муниципальные органы власти); – создается на основании федерального закона, закона субъекта РФ или на основании правового акта государственного органа; – создается в целях реализации полномочий государственного (муниципального) органа и обеспечения обмена между этими органами или в иных случаях, установленных федеральными законами.</p> | <p>Информационная система общего пользования (классы защищенности I, II) – создается в целях реализации полномочий федерального органа исполнительной власти; – содержит сведения о деятельности Правительства РФ и федеральных органов исполнительной власти, обязательные для размещения в Интернете.</p> |
| <p>Автоматизированная система управления производственными и технологическими процессами на критически важных объектах (классы защищенности 1–3) – является автоматизированной системой управления на объектах, представляющих повышенную опасность для жизни и здоровья людей и для окружающей среды.</p> | |

* – вопросы защиты государственной тайны в работе не рассматривались

Рисунок. Признаки информационных систем

После определения вида информационной системы и ее класса (уровня) защищенности специалист по защите информации определяет перечень требований к системе защиты информации на основании соответствующего нормативно-методического документа [1–7].

Как можно заметить, процесс классификации информационных систем достаточно рутинный, а сочетание нескольких информационных систем делают этот процесс еще сложнее. Повышение качества проведения классификации информационных систем, исключение рутинных операций возможно за счет создания модели комплексной оценки информационных систем и ее автоматизации.

Для построения модели комплексной оценки информационных систем была проведена систематизация требований, предъявляемых к различным информационным системам. Модель предусматривает получение исходных данных от пользователя, определение вида информационной системы, установление класса (уровня) защищенности информационной системы, формирование требований к системе защиты информации информационной системы.

Для автоматизации модели комплексной оценки информационной системы создан веб-сервис формирования требований к системам защиты информации информационных систем органов власти и организаций, представляющий собой сайт, расположенный в сети Интернет по адресу <http://isystem.16mb.com>. Сайт реализован с использованием технологий html5, JavaScript, css3, media queries. Для сайта разработана адаптивная верстка, которая позволила сделать дизайн сайта адаптируемым под параметры устройств вывода информации. Пользователю веб-сервиса предлагается ответить на вопросы об информационной системе в форме анкетирования. При этом анкетирование подразумевает выбор между ответами «Да» или «Нет». Исходя из полученных ответов, веб-сервис определяет вид информационной системы, устанавливает ее класс (уровень) защищенности и формирует перечень требований к системе защиты информации информационной системы.

С целью оценки эффективности предлагаемых решений был проведен эксперимент. Участниками эксперимента являлись две группы лиц: первая группа – добровольные лица, изъявившие желание участвовать в эксперименте и не имеющие отношения к области защиты информации. Для целей эксперимента указанная группа лиц была приравнена к специалистам по защите информации низкой квалификации. Вторая группа лиц выбрана из состава сотрудников научно-технического центра технической защиты информации открытого акционерного общества «Научно-производственное объединение «Импульс». Для целей эксперимента указанная группа лиц была приравнена к специалистам по защите информации средней и высокой квалификации. В каждой группе состояло по шесть человек – 3 человека выполняли эксперимент с использованием веб-сервиса, 3 человека – вручную. Перед участниками эксперимента поочередно стояло две гипотетические задачи: определить перечень требований к системе защиты информации информационной системы, имеющей в своем составе одну информационную систему, и, имеющей в своем составе пять информационных систем. Оценивалось время выполнения и количество допущенных ошибок. Результаты эксперимента проходили обработку в соответствии с рекомендациями по обработке результатов эксперимента [9].

В качестве показателя эффективности применения веб-сервиса в работе используется количество сэкономленного времени, определяемое по формуле $C = C_b - C_a$, где C – количество сэкономленного времени (чел/ч); C_b – количество времени, затраченного на работу с использованием веб-сервиса; C_a – количество времени, затраченного на работу ручным способом. Результаты оценки эффективности применения веб-сервиса представлены в табл. 1.

Таблица 1. Оценка эффективности применения веб-сервиса

| Наименование | Информационная система с малым количеством подсистем | | Информационная система с большим количеством подсистем | |
|--|--|--|--|--|
| | Низкая квалификация специалиста | Средняя и высокая квалификация специалиста | Низкая квалификация специалиста | Средняя и высокая квалификация специалиста |
| Количество сэкономленного времени, чел/ч | 15,3±6,848 | 2,261±6,448 | 16,224±9,696 | 2,7±6,79 |

По результатам эксперимента была отмечена возможность появления ошибок при ручном определении требований у специалистов всех уровней квалификации (табл. 2).

Таблица 2. Количество ошибок, допущенных участниками эксперимента

| Наименование | Специалисты низкой квалификации | | Специалисты средней и высокой квалификации | |
|---|---------------------------------|---------------------------|--|---------------------------|
| | Ручной способ | Использование веб-сервиса | Ручной способ | Использование веб-сервиса |
| Количество допущенных ошибок по первой задаче эксперимента, шт. | 6 | 0 | 0 | 0 |
| Количество допущенных ошибок по второй задаче эксперимента, шт. | 11 | 0 | 2 | 0 |

Использование разработанной методики определения требований к системам защиты информации информационных систем органов власти и организаций позволяет избежать непредвиденных ошибок и, как следствие, неправильного определения требований к системам защиты информации информационных систем органов власти и организаций, что позволяет обеспечить безопасность личности, общества и государства.

Результаты работы были успешно внедрены в открытом акционерном обществе «Научно-производственное объединение «Импульс».

Разработанную методику предлагается использовать специалистами и подразделениями по защите информации в органах власти и организациях всех форм собственности, как для действующих, так и создаваемых информационных систем.

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 01.11.2012 № 1119 «Об утверждении требований к защите персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных» / Компания «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_137356/, своб.
2. Приказ ФСТЭК России от 18.02.2013 № 21 «Об утверждении Состав и содержания организационных и технических мер по обеспечению безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных» (Зарегистрировано в Минюсте России 14.05.2013 № 28375) / Компания «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_146520/, своб.
3. Приказ ФСТЭК России от 11.02.2013 № 17 «Об утверждении Требований о защите информации, не составляющей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах» (Зарегистрировано в Минюсте России 31.05.2013 № 28608) / Компания «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_147084/, своб.
4. Приказ ФСБ РФ № 416, ФСТЭК РФ № 489 от 31.08.2010 «Об утверждении Требований о защите информации, содержащейся в информационных системах общего пользования» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 13.10.2010 № 18704) / Компания «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_105764/, своб.
5. Приказ ФСТЭК России от 14.03.2014 № 31 «Об утверждении Требований к обеспечению защиты информации в автоматизированных системах управления

- производственными и технологическими процессами на критически важных объектах, потенциально опасных объектах, а также объектах, представляющих повышенную опасность для жизни и здоровья людей и для окружающей природной среды» (Зарегистрировано в Минюсте России 30.06.2014 № 32919) / Компания «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_165503/, своб.
6. Автоматизированные системы. Защита от несанкционированного доступа к информации. Классификация автоматизированных систем и требования по защите информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=EXP;n=575668;div=LAW;dst=100002,-2;rnd=0.2562879247125238>, своб.
 7. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ (ред. от 21.07.2014) «О персональных данных» / Компания «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_166051/, своб.
 8. Федеральный закон от 29.07.2004 № 98-ФЗ (ред. от 12.03.2014) «О коммерческой тайне» / Компания «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_160225/, своб.
 9. Виртуальная лаборатория Челябинского государственного университета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.teachmen.ru/>, своб.

**Гиллунг Андрей Игоревич**

Год рождения: 1988

Институт комплексного военного образования,
кафедра мониторинга и прогнозирования информационных угроз,
группа № 6752Направление подготовки: 090900 – Математическое моделирование
и прогнозирование информационных угроз
e-mail: toreckiy@gmail.com**УДК 004****ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛОЩАДКА КАК АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ
СИСТЕМА В ЗАЩИЩЕННОМ ИСПОЛНЕНИИ****А.И. Гиллунг****Научный руководитель – к.т.н., доцент А.С. Бузинов**

Внедрение информационных технологий и развитие информационного общества в Санкт-Петербурге сдерживается существующим значительным различием по глубине использования информационных технологий в органах государственной власти Санкт-Петербурга, организациях, учреждениях и домашних хозяйствах; разрозненностью, несогласованностью государственных информационных систем (ИС) Санкт-Петербурга, а также дублированием информации в базах данных функционирующих государственных ИС Санкт-Петербурга.

Несмотря на принимаемые меры по межведомственному взаимодействию, большинство информационных систем функционируют автономно друг от друга, имеют локальный корпоративный характер. Взаимодействие ИС отстает от современного уровня развития информационно-коммуникационных технологий на 5–6 лет. Доступ к государственным ИС Санкт-Петербурга специалистов исполнительных органов государственной власти Санкт-Петербурга ограничен. Необходимые сведения

из государственных ИС Санкт-Петербурга практически недоступны извне и, как следствие, не востребованы населением Санкт-Петербурга.

Учитывая вышеуказанные особенности состояния информатизации в исполнительных органах государственной власти Санкт-Петербурга, в целях повышения эффективности и обоснованности расходования бюджетных средств, направленных на эксплуатацию и развитие информационно-коммуникационных технологий, повышения эффективности управленческой деятельности исполнительных органов государственной власти Санкт-Петербурга и значимости государственных информационных систем Санкт-Петербурга для населения Санкт-Петербурга, организации планомерного и контролируемого развития информационного общества в Санкт-Петербурге до уровня, соответствующего уровню высокоразвитых стран, вхождения региона в единое мировое информационное сообщество возникает необходимость в дальнейшей автоматизации управленческой деятельности и исполнения государственных функций, повышения эффективности и надежности эксплуатации информационной городской инфраструктуры, а также сокращения затрат на эксплуатацию и развитие информационных систем. В качестве первоочередной задачи выступает создание технологической площадки (ТП), предусматривающее консолидацию и эффективное развитие государственных ИС Санкт-Петербурга, системы межведомственного электронного взаимодействия, системы защиты информации (СЗИ).

Таким образом, **целью работы** являлась разработка ТП, как автоматизированной системы (АС) в защищенном исполнении. Для достижения поставленной цели необходимо произвести анализ ТП как АС и системы персональных данных; определить объекты СЗИ, основные угрозы информации; сформировать модель вероятного нарушителя; разработать структуру комплекса технических средств ТП; предложить решения по используемым средствами защиты информации.

ТП предназначена для размещения автоматизированных ИС, поддержки их функционирования, предоставления всех видов доступа пользователей к ИС.

АС ТП в защищенном исполнении предназначена для обеспечения защиты информации ограниченного доступа, не содержащей сведений, составляющих государственную тайну, накапливаемых и обрабатываемых в автоматизированной системе ТП, в соответствии с действующим законодательством России, руководящими и нормативными документами по защите информации.

Целями создания ТП является предоставление централизованной единой ТП для развертывания различных ИС; повышение оперативности развертывания ИС; снижение затрат всех видов ресурсов на развертывание и эксплуатацию ИС; повышение уровня доступности ИС. Областью применения ТП являются ИС территориальных исполнительных органов государственной власти Санкт-Петербурга различного назначения.

Под угрозами безопасности персональных данных при их обработке в АС ТП понимается совокупность условий и факторов, создающих опасность несанкционированного, в том числе случайного, доступа к персональным данным, результатом которого может стать уничтожение, изменение, блокирование, копирование, распространение персональных данных, а также иные несанкционированные действия при их обработке.

Модель вероятного нарушителя отражает систему взглядов на контингент потенциальных нарушителей, причины и мотивацию их действий, преследуемые цели и общий характер действий в процессе подготовки и совершения воздействия на информационные ресурсы АС ТП.

Архитектура ТП строится в соответствии с принципами единства, централизации и иерархической организации. Рациональным решением является формирование ее в виде системы, состоящей из отдельных функциональных подсистем, сформированных в соответствии с логической схемой организации ТП (рис. 1).

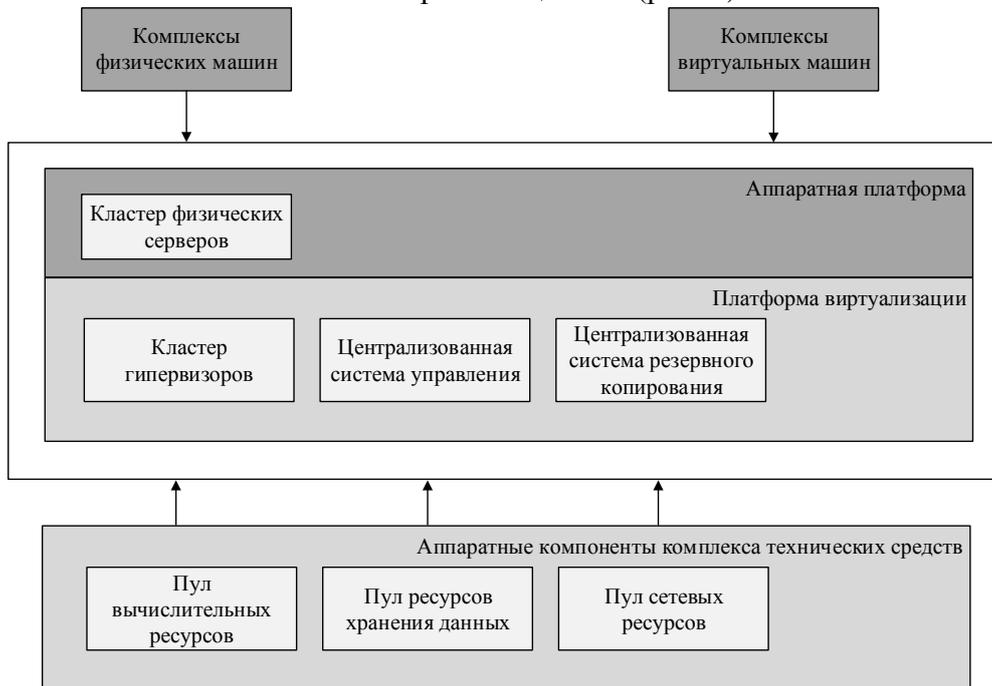


Рис. 1. Логическая архитектура ТП

ТП следует рассматривать, как государственную ИС и ИС персональных данных. В соответствии с приказом № 17 директора ФСТЭК 11 февраля 2013 г для ТП был выбран класс защищенности К1. В соответствии с постановлением Правительства РФ № 1119, от 01.11.2012, требуется обеспечение 2 уровня защищенности персональных данных.

Структура СЗИ ТП, как АС в защищенном исполнении является иерархической многоуровневой (рис. 2).



Рис. 2. Структура СЗИ

Центральное место в структуре СЗИ ТП (как АС в защищенном исполнении) занимает подсистема управления СЗИ и анализа состояния ТП. Она состоит из программных средств, позволяющих с одного автоматизированного рабочего места администратора СЗИ и одного сервера СЗИ ТП производить управление программными и программно-техническими средствами защиты информации, входящими в состав остальных подсистем СЗИ ТП, а также производить анализ состояния ТП.

Другие подсистемы СЗИ ТП предназначены для обеспечения целостности и доступности информационных ресурсов, обрабатываемых в ТП:

- подсистема идентификации и аутентификации СЗИ ТП реализует идентификации и аутентификации сотрудников и внешних пользователей;
- подсистема контроля доступа и защиты от несанкционированного доступа (НСД) реализует функции контроля доступа, защиты от НСД, безопасного межсетевое взаимодействия;
- подсистема резервирования и восстановления предназначена для повышения отказоустойчивости как отдельных подсистем, входящих в состав ТП, как АС в защищенном исполнении, так и самой ТП;
- подсистема защиты от вредоносных программ предназначена для выявления, блокирования распространения и уничтожения вредоносных программ;
- подсистема контроля (анализа) защищенности предназначена для обеспечения проактивной защиты ресурсов с помощью автоматического мониторинга информационной безопасности;
- подсистема предотвращения вторжений предназначена для защиты от атак, направленных на уязвимости в приложениях, не закрытые на данный момент производителями программного обеспечения;
- подсистема регистрации событий информационной безопасности предназначена для сбора, хранения и обработки данных о событиях информационной безопасности, происходящих в ТП.

При создании ТП, как АС в защищенном исполнении, автором предложено использовать сертифицированные средства защиты информации, сведенные в таблицу.

Таблица. Средства обеспечения требуемых характеристик СЗИ

| Перечень подсистем | Средства обеспечения требуемых характеристик |
|--|---|
| Подсистема идентификации и аутентификации | СЗИ от НСД «Dallas Lock» |
| Подсистема контроля доступа и защиты от НСД | СЗИ от НСД «Dallas Lock»; vGate R2; StoneGate IPS; «VPN/FW Застава» |
| Подсистема резервирования и восстановления | Symantec Backup Exec |
| Подсистема защиты от вредоносных программ | Kaspersky Endpoint Security Kaspersky Security for Virtualization |
| Подсистема контроля (анализа) защищенности | Система анализа и контроля защищенности «MaxPatrol» |
| Подсистема обнаружения вторжений | Система обнаружения и предотвращения вторжений StoneGate IPS |
| Подсистема регистрации событий информационной безопасности | Реализуется встроенными механизмами регистрации и мониторинга событий информационной безопасности в программном обеспечении, серверном, коммутационном оборудовании |

Все выбранные средства обеспечивают меры защиты, содержащиеся в № 17 приказе ФСТЭК «Об утверждении Требований о защите информации, не составляющей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах».

В результате работы выявлены основные угрозы информации АС ТП в защищенном исполнении и сформирована модель вероятного нарушителя. Также

предложены решения по необходимым техническим и программным средствам для обеспечения эффективной СЗИ.

Таким образом, разработанная АС ТП в защищенном исполнении обеспечит защиту информации ограниченного доступа, накапливаемых и обрабатываемых в АС, в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации, руководящими и нормативными документами по защите информации. Таким образом, все поставленные цели и задачи достигнуты и выполнены.

Литература

1. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ (ред. от 21.07.2014) «О персональных данных» / Компания «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_166051/, своб.
2. Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ / Компания «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=173622>, своб.
3. Приказ ФСТЭК России от 11.02.2013 № 17 «Об утверждении Требований о защите информации, не составляющей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах» (Зарегистрировано в Минюсте России 31.05.2013 № 28608) / Компания «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_147084/, своб.
4. Постановление Правительства РФ от 01.11.2012 № 1119 «Об утверждении требований к защите персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных» / Компания «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_137356/, своб.



Глущенко Федор Алексеевич

Год рождения: 1991

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра технологии приборостроения, группа № 6655

Направление подготовки: 200100 – Приборостроение
e-mail: fantom143@gmail.com

УДК 621.7.015

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИИ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНОЙ МИКРОЛИНЗЫ ПРИ ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Ф.А. Глущенко

Научный руководитель – к.т.н., доцент С.Д. Васильков

В наши дни взаимодействие с полимерными оптическими изделиями является рутиной: в телефонах, в машине, светофорах, дисплеях – везде мы встречаемся с такими изделиями. Рынок этих изделий из года в год приобретает все большие масштабы, и рост этот приводит к их задействованию во всех сферах человеческой

деятельности. В результате, появляется большая потребность в технологиях обработки и производства таких изделий.

Кроме того, стоит отметить и стремление прогресса к уменьшению размеров оптических изделий. Ярким примером являются уже указанные мобильные телефоны – размеры из оптических составляющих из года в год сводятся к миллиметрам, что сказывается и на сложности создания этих составляющих.

В настоящей работе представлено исследование влияния геометрии литниковой системы на функциональные свойства полимерной микролинзы при литье под давлением.

Целью работы являлось получение зависимости функциональных свойств оптического микроизделия – линзы – от геометрии литниковой системы.

Задачи для достижения цели:

1. описать изучаемую область, выделить наиболее важные составляющие геометрии литниковой системы;
2. провести исследование по влиянию геометрии на функциональные свойства линзы;
2. спроектировать оптимальную литниковую систему для заданной линзы.

Описание. При литье под давлением, материал, поступающий из литейной машины, попадает в центральный литниковый канал. После поступления расплава из центрального литникового канала, он проходит через разводящие каналы, ведущие к впускному литнику, который является местом, где полимер попадает в формообразующую полость. Как указывалось раньше, формообразующая полость – пустое пространство, где формируется линза.

После прохождения центрального канала, расплав попадает в разводящие каналы (рис. 1, а). Задачей таким каналов является одновременное заполнение всех полостей формы с одинаковым давлением.



Рис. 1. Литник: разводящий (а); впускной (б)

Впускной литник, несмотря на свои малые размеры, является важной частью литниковой системы, влияющей на качество детали (рис. 1, б). Размер и форма впускного литника определяет как заполнение полимером формообразующей полости, так и время затвердевания и уплотнения. Недостаточный поток может привести к дефектам на детали. Для получения желаемого эффекта впускные литники для оптических изделий делаются большего размера, нежели для не оптических. Это объясняется более жесткими требованиями к поверхностям оптических деталей. Также размер и форма литника должны учитываться при проектировании оптических изделий.

Заключительной частью литниковой системы является прибыль (рис. 2). Прибыль – область, находящаяся после формообразующей полости. Ее основным назначением является получение первой порции расплава. Также она используется для выталкивания детали.

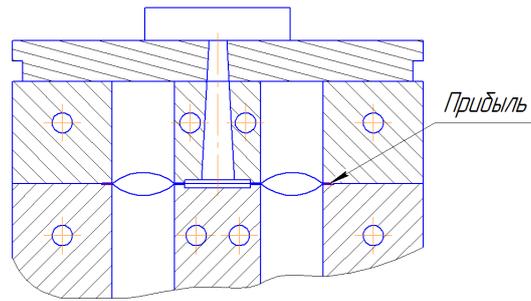


Рис. 2. Прибыль

Влияние геометрии на функциональные свойства. Для получения оптимальной геометрии литниковой системы стоит изучить существующие решения. В нашем случае были рассмотрены несколько объектов: плоско-вогнутые линзы и миниатюрные линзы мобильных камер.

Для плоско-вогнутой линзы была разработана литниковая система с веерным литником с параболическим сечением разводящих. Достоинством такой геометрии является эффективная подпитка, обусловленная близкими к круглому сечению каналов. Веерный литник же обеспечивает оптимальное заполнение формообразующей полости. Для точного определения лучшей геометрии, были разработаны впускные литники разной высоты 1,5 мм и 3 мм.

Результатом литья являются плоско-вогнутые линзы (рис. 3).

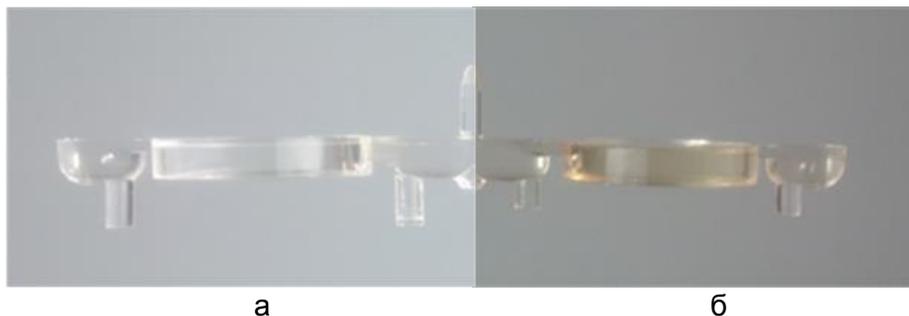


Рис. 3. Линза с высоким литником (а) и линза с низким литником (б)

Для оценки качества линз используется поляризационная установка FL 200, а также микроскоп Zeiss Stemi 2000-C с камерой AxioCAM ICc1.

Исследование на поляризационной установке. Линза с высоким литником отличается хорошей однородностью, о чем говорит симметричность колец двулучепреломления в оптической зоне. Стоит отдельно отметить неоднородность вблизи впускного литника – она обусловлена тем, что это наиболее узкое место попадания материала в полость. Поэтому для нашей линзы важно спроектировать литниковую систему так, чтобы неоднородность не достигала оптически активной поверхности.

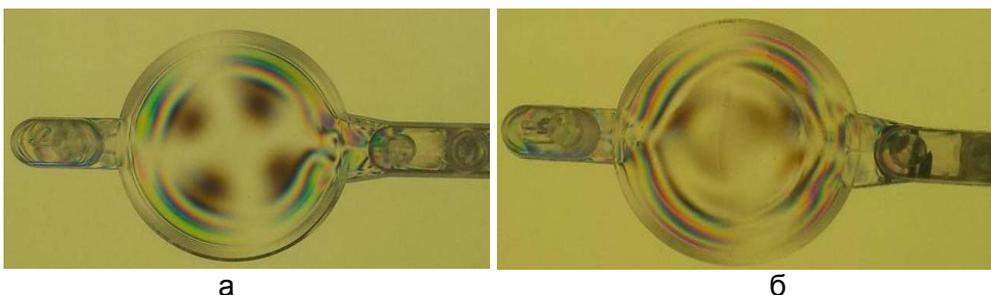


Рис. 4. Эффект двулучепреломления на линзе с широким литником в белом свете (а); двулучепреломление на линзе с узким литником (б)

На рис. 4 с узким литником отчетливо видны линии – ассиметричные круги двулучепреломления. Это говорит о серьезной внутренней неоднородности и, следовательно, о непригодности такой геометрии для нашего изделия.

Исследование на микроскопе. При анализе полученных линз, на линзе с узким литником отмечается высокое количество вкраплений и дефектов в оптической зоне. Такая линза является бракованной.

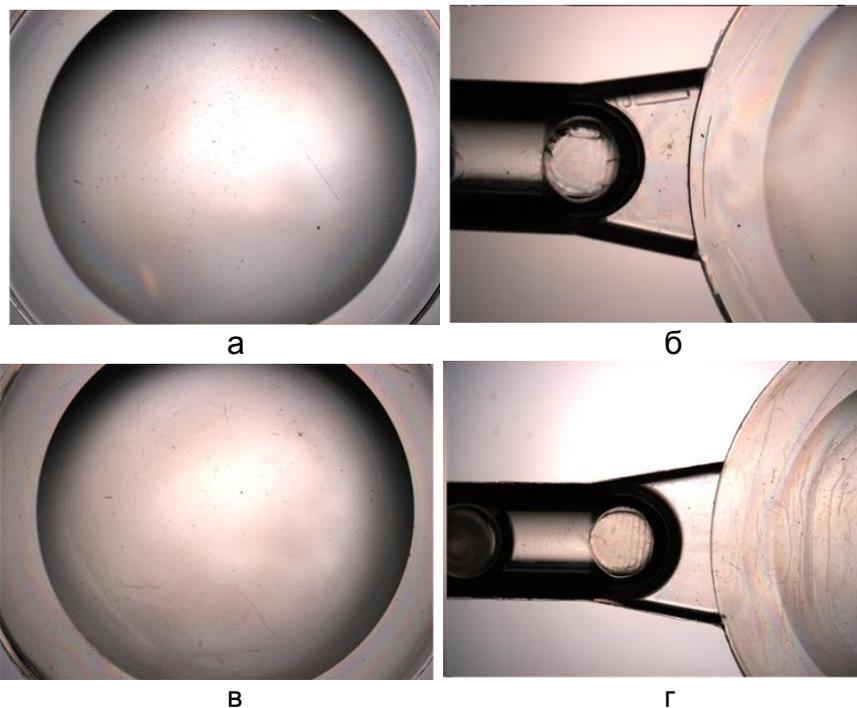


Рис. 5. Линза с широким (в, г) и с узким (а, б) литником

Для миниатюрных линз, извлеченных из камер мобильных телефонов, была использована поляризационная установка, находящаяся на кафедре ТПС Университета ИТМО.

При рассмотрении меньших линз в поляризационной установке (рис. 6) можно точно увидеть место впускного литника, а также отметить его размер по сравнению с размером линзы.

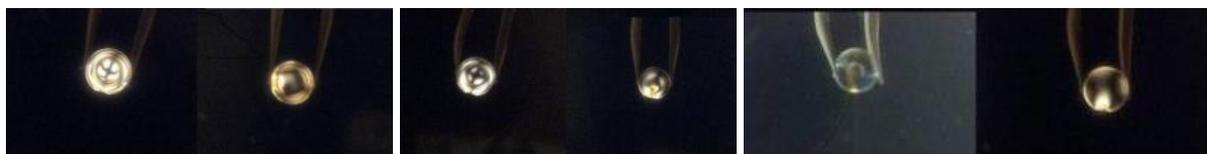


Рис. 6. Линзы мобильных телефонов в поляризационной установке

Во всех миниатюрных линзах имеются бортики, спроектированные для удобства отделения линз от литниковых систем.

Результаты исследования:

- использование низкого малого впускного литника приводит к неоднородности и дефектам в отливке, т.е. в нашем случае, стоит использовать широкий впускной литник;
- для получения оптимальных функциональных свойств стоит использовать бортики для упрощения извлечения линз из литевой формы.

Литература

1. Schaub M.P. The design of plastic optical systems. – Bellingham: Spie Press, 2009. – 230 p.
2. Bäumer S. Handbook of Plastic Optics. – 2nd, revised and enlarged edition. – WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2011. – 311 p.

**Дмитриев Антон Николаевич**

Год рождения: 1992

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6110Направление подготовки: 231000 – Программная инженерия

e-mail: dmitrievanthony@gmail.com

УДК 004.91

**КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕКСТОВ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАММАТИКИ ЗАВИСИМОСТЕЙ****А.Н. Дмитриев****Научный руководитель – к.т.н., доцент А.М. Дергачев**

Классификация текстов на естественном языке является одной из базовых задач информационного поиска и становится все более актуальной в связи с возрастающим объемом данных в глобальном информационном пространстве. В настоящее время основой для большинства методов классификации текстов является предположение, что текст – это набор слов, порядок которых можно игнорировать [1]. Данное предположение упрощает задачу классификации, однако не позволяет учитывать семантическую составляющую текста. Более того, с точки зрения такого подхода, после перестановки всех слов, текст ничем не будет отличаться от исходного. Таким образом, осмысленный текст с правильной синтаксической структурой классификатор не сможет отличить от простого набора перемешанных слов. Таким же образом он будет реагировать и на два текста со схожим набором терминов, находящихся в абсолютно разных семантических отношениях друг с другом. Все это приводит к существенным ограничениям возможностей классификации текстов на естественном языке и ограничивает обобщающую способность алгоритмов классификации.

Из сказанного выше следует, что для сохранения семантических характеристик необходимо выбрать подход к моделированию текста на естественном языке, отличный от его дробления на список терминов и вычисления частоты их употребления. Наиболее подходящим вариантом для этого является грамматика зависимостей [2]. На ее основе текст может быть представлен как граф, узлами которого являются термины (объекты, субъекты и их свойства), а ребрами – отношения между ними. Подобная модель текста сохраняет его семантические свойства, однако она не может быть использована в существующих алгоритмах обучения классификаторов.

Целью работы являлась разработка метода классификации текстов на естественном языке с учетом их семантических составляющих. В результате работы тексты со схожим набором терминов, находящихся в разных семантических отношениях, должны быть отнесены классификатором к разным классам, чего существующие методы не обеспечивают. В работе были рассмотрены способы учета

семантической информации, получаемой из текста на основе грамматики зависимостей, в алгоритмах метрической классификации. Существующие методы метрической классификации текстов основываются на списке свойств, ставящем в соответствие каждому классу массив терминов, употребляемых в нем, и частоту их использования.

Две главные области применения классификации текстов непосредственно связаны с информационным поиском и активно развиваются вместе с ростом сети Интернет и постоянным увеличением объема обрабатываемой и анализируемой компьютерами информации. Во-первых, это оценка релевантности запроса и ответа в поисковой системе [3]. Существующие решения основаны исключительно на частотном анализе. Примером является разработанный Джерардом Солтоном подход TF-IDF (term frequency – inverse document frequency) [2]. Этот подход основан на предположении о том, что важность, или, другими словами, вес, слова зависит от частоты употребления его в тексте в прямой пропорции и в обратной от частоты употребления в других текстах коллекции. Это приводит к появлению в ответах поисковой системы документов со случайным набором ключевых слов без полезного контента. Такие документы являются примером поисковой оптимизации в ее негативном проявлении, когда сайты без полезного контента искусственными методами продвигаются вверх в поисковой выдаче. Включение в поисковую систему этапа анализа на основе грамматики зависимостей поможет исключить подобные документы. Во-вторых, все большее внимание уделяется таргетированию результатов поиска и рекламы. Пользователю предлагаются документы, по содержанию схожие с теми, которыми он уже интересовался.

Предложенные в работе способы учета семантической информации, т.е. связей и зависимостей между словами в предложениях, основаны на: использовании групп семантически связанных терминов в списке свойств, использовании терминов в сочетании с их связями в списке свойств и использовании связей как отдельных свойств текста при классификации методом ближайшего соседа, сравнением графовых моделей текстов при классификации методом парзеновского окна. Для оценки обобщающей способности классификации, т.е. ее эффективности, использовался метод скользящего контроля. Его суть заключается в построении гистограммы вероятностей принадлежности текстов к верным классам на основе решений тестируемых алгоритмов. В работе не рассматриваются неметрические методы классификации и задача построения графовой модели на основе грамматики зависимостей. В ходе работы были использованы: прототипирование на языке Java для создания тестовой реализации описанных выше подходов, теоретическая оценка при разработке этих подходов и экспериментальная оценка при их тестировании.

В качестве точки отсчета в работе был выбран ряд методов метрической классификации, основанных на частотных списках терминов. Несмотря на то, что в основе всех метрических методов классификации текстов лежит достаточно простой принцип, частотные списки терминов – не единственные списки свойств (feature vectors), которые можно использовать для классификации текстов на естественном языке. Другие списки свойств можно построить на основе графов зависимостей, а точнее их подграфов, в частности, «катен». Катена – структурная единица текста, т.е. часть текста, соответствующая подграфу в графе зависимостей [2]. Катены не являются уникальными объектами для классификации, тексты можно сравнивать и на основе самих графов зависимостей, как с учетом семантических расстояний слов, так и без их учета. Сравнение графов – это сложная вычислительная задача, не имеющая при этом определенного математического описания. Сравнить два графа на равенство достаточно просто, по крайней мере сравнение на равенство однозначно с математической точки зрения. Сравнение графов для установления, к какому из

соседей (А или В) ближе граф С – задача неоднозначная. Для решения этой проблемы может быть предложен ряд подходов, в частности, сравнение графов по максимальным общим подграфам, сравнение на основе дистанции редактирования. Однако все перечисленные подходы требуют вычислительных ресурсов. При условии, что классификация выполняется на больших объемах документов, что происходит в прикладных задачах, подобные алгоритмы сравнения графов не эффективны при их использовании в качестве базы.

Для метода ближайшего соседа модификация заключается в замене частотного списка терминов на частотный список катен. При реализации прототипа был использован шаблон проектирования «стратегия», который позволяет выделить определенный аспект поведения в отдельный модуль (в данном случае – в отдельный класс). При этом для создания объекта с определенным поведением требуется лишь передать ему экземпляр нужного класса, реализующего это поведение.

Таблица 1. Результаты тестирования на 3 классах классических методов классификации текстов

| Метод/Данные | 1000 док. | 300 док. | 300 док. (неочищенные) |
|---------------------|-----------|----------|------------------------|
| Ближайшего соседа | 36% | 43% | 52% |
| К-ближайших соседей | 34% | 37% | 43% |
| Парzenовского окна | 16% | 33% | 35% |

Таблица 2. Результаты тестирования на 3 классах методов классификации текстов на основе частотного списка катен

| Метод/Данные | 1000 док. | 300 док. | 300 док. (неочищенные) |
|---------------------|-----------|----------|------------------------|
| Ближайшего соседа | 38% | 41% | 48% |
| К-ближайших соседей | 36% | 37% | 40% |
| Парzenовского окна | 16% | 27% | 32% |

Из результатов тестирования (табл. 1 и 2) видно, что модификация сказалась негативно на методе ближайшего соседа при большом объеме данных, число ошибок выросло до 38%, однако на меньших по объему данных количество ошибок снизилось для UCI-репозитория до 41% и для статей Wikipedia до 48%. Можно заметить, что прирост эффективности для небольших по размеру множеств документов незначителен, а для больших множеств – он отрицательный. Это может быть связано с эффектами переобучения, так как катены, взятые за основу в данном методе более точно определяют конкретный текст, чем термины, используемые до модификации метода.

Метод парzenовского окна позволяет выделить из всего обучающего множества N документов, которые в наибольшей степени похожи на классифицируемый документ, а затем на основе весов определить искомый класс [1]. Подобное разделение алгоритма на две фазы позволяет использовать для более требовательной в вычислительном аспекте первой фазы старый подход с вычислением дистанции на основе списка терминов, а для второй фазы использовать сравнение графов методами общего подграфа и через дистанцию редактирования.

Цель всех этих методов – поставить в соответствие двум графам некоторое число, отражающее «дистанцию» между ними. Следует помнить, что в случае метрического пространства, которое является необходимым для метрической классификации, дистанции должны удовлетворять условию неравенства треугольника. Сравнение на основе максимального общего подграфа позволяет вычислить меру сходства двух объектов как размер (количество вершин и ребер) их общего подграфа. В случае текстов на естественном языке и их токенизации средствами Stanford Parser'a

необходимо на первом этапе разделить текст на предложения, а на втором – построить семантические графы для всех предложения и сравнить их. Этот метод сравнения объектов является теоретически применимым для использования в алгоритмах сравнения текстов на естественном языке, однако его вычислительная сложность становится существенным ограничением на его использование в реальных задачах [2].

В результате, несмотря на то, что на большинстве наборов данных разработанные подходы показали лишь незначительное повышение обобщающей способности при значительно большей алгоритмической сложности, в отдельных случаях процент ошибок классификации был снижен более чем в два раза. Вне зависимости от использованного метода классификации, применение семантических отношений не позволило существенно снизить процент ошибок. Из этого был сделан следующий вывод: класс текста в большей степени зависит от набора используемых в нем терминов, чем от семантических отношений между ними.

Литература

1. Воронцов К.В. Математические методы обучения по прецедентам (теория обучения машин) [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.machinelearning.ru/wiki/images/6/6d/Voron-ML-1.pdf>, своб.
2. Маннинг К.Д. Введение в информационный поиск. – Изд-во: Вильямс, 2014. – 528 с.
3. Берлев В.И., Цопа Е.А. Модуль разметки текста на естественном языке // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание. – 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://kmu.ifmo.ru/collections_article/905/modul_razmetki_teksta_na_estestvennom_yazuke.htm, своб.
4. Бессмертный И.А. Искусственный интеллект. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. – 132 с.



Колчанов Антон Борисович

Год рождения: 1984

Факультет холодильной, криогенной техники и кондиционирования,
кафедра кондиционирования воздуха, группа № и6453

Направление подготовки: 141200.68.04 – Термоэлектрическое
преобразование энергии

e-mail: onbox@list.ru

УДК 537.322

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА АНТИМОНИДА ЦИНКА

А.Б. Колчанов

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Л.П. Булат

Термоэлектрические генераторы являются альтернативным источником энергии способны преобразовывать тепловую энергию в электрическую он состоит из последовательно соединенных полупроводников различного типа проводимости. Эти полупроводники должны иметь одинаковые термоэлектрические свойства и коэффициент теплового расширения в заданном интервале температур. Современные материалы, используемые для их производства, обладают рядом недостатков, поэтому поиск альтернативных материалов способно изменить существующие, что является актуальной задачей. Одним из таких материалов может служить антимонид цинка. В

данной работе проводилась оценка теплопроводности материала при условии его легирования оловом.

Измерение образцов проводилось на базе международной лаборатории прямого преобразования энергии и нано-инжиниринга термоэлектрических структур [1] на измерительной установке Linseis XFA-500. Данная установка позволяет измерять температуропроводность материалов методом ксеноновой вспышки. Нижняя сторона образца облучается импульсом лучистой энергии. Поглощенная энергия вызывает подъем температуры с обратной стороны образца. График изменения зависимости температуры обратной стороны образца от времени записывается в виде термограммы. Исходя из толщины образца и времени, необходимого для нагрева задней стенки до определенного значения, определяется температуропроводность материалов. При введении в параметры установки значений плотности и теплоемкости материала, производится расчет теплопроводности по формуле:

$$\lambda(T) = \alpha(T)C_p(T)\rho(T),$$

где α – определяемая температуропроводность образца; C_p – изобарная теплоемкость материала; ρ – плотность материала.

Для проведения измерений образец должен быть строго заданной геометрии – цилиндр диаметр 12,7 мм и толщиной до пяти миллиметров. Создание такого образца очень трудоемкая задача, поэтому для измерений были предоставлены образцы заданной толщины, но прямоугольной формы. Изучение подобных образцов было невозможно прямым методом, поэтому было решено перейти от метода непосредственного измерения к методу сравнения.

Для установки квадратных образцов в измерительную установку были созданы универсальные держатели. Недостатком таких держателей является большая поверхность контакта с образцом, что влечет за собой большие погрешности в измерении, так как теплота, полученная за счет импульса лучистой энергии, будет не только передаваться на противоположную сторону, но и уходить через поверхность контакта образца и держателя.

Для количественной оценки данной погрешности был экспериментально проведен и математически смоделирован следующий опыт. В измерительную установку было помещено два образца. Первый образец цилиндрической формы устанавливался на держатель, поставляемый вместе с установкой. Такой образец удовлетворяет всем требованиям геометрии, и его измерения будут наиболее точными. Второй образец квадратной формы устанавливался в универсальный держатель.

Результаты математического анализа представлены в виде графика на рис. 1.

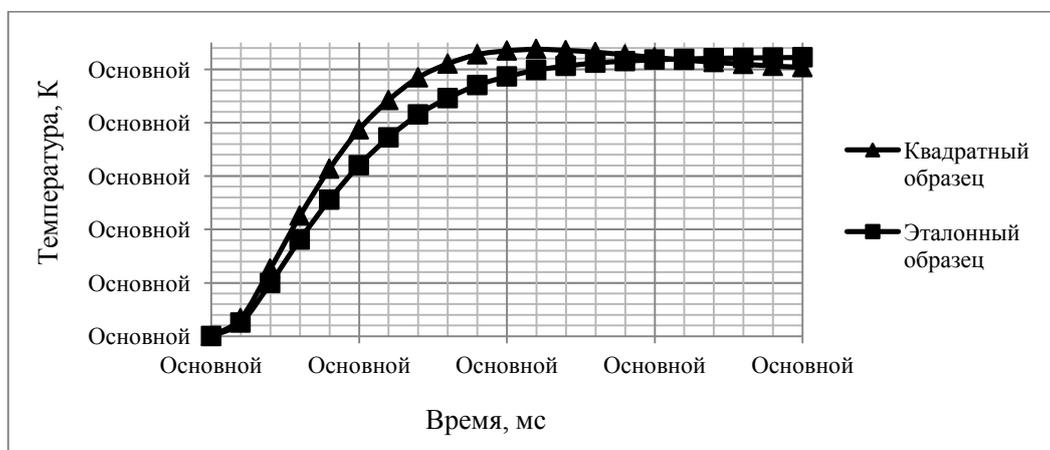


Рис. 1. График зависимости температуры на обратной стороне образца от времени (два различных образца)

Как видно из графиков время достижения максимальной температуры для различных форм образца различно. Так для круглого образца время достижения максимума температуры составляет 30 мс, а для квадратного – 22 мс. Однако определение температуропроводности материала рассчитывается исходя из времени увеличения половинной температуры. На графиках эти величины различаются на 1–2 мс. Это дает основание полагать, что относительная погрешность измерений будет существенно ниже ожидаемой.

Относительная погрешность, учитывающая форму образца и держателя, велась исходя из экспериментальных данных. Основываясь на результатах измерений и последующего расчета относительной погрешности, был сделан вывод, что с увеличением температуры окружающей среды, увеличивается и погрешность измерений.

Для оценки реального значения температуропроводности, квадратных образцов была использована следующая формула:

$$a_r = \frac{100 \cdot a_{sq}}{100 - \delta},$$

где δ – относительная погрешность измерения в процентах; a_r – реальная температуропроводность материала; a_{sq} – температуропроводность квадратного образца.

Для расчета теплопроводности необходимо знать зависимость плотности и изобарной теплоемкости материала от температуры. Так как материал слабо легирован, то его значения плотности и теплоемкости не будут сильно отличаться от свойств нелегированного материала. Последние результаты измерений теплоемкости антимонида цинка [2] показали, что величина теплоемкости, начиная с температур 150 К имеет линейную зависимость от температуры и асимптотически приближается к значению 25 Дж/(моль·К). Данное значение является выводом из закона Дюлонга и Пти, в котором сказано, что теплоемкость при высоких температурах одинакова для всех тел в кристаллическом состоянии. Исходя из этого утверждения, для приблизительной оценки величины коэффициента теплопроводности была определена теплоемкость антимонида цинка.

Зная величину теплоемкости и плотности антимонида цинка ($6,33 \text{ г/см}^3$) можем рассчитать коэффициент теплопроводности для измеренных образцов. Результаты расчета представлены на рис. 2 в виде графика зависимости коэффициента теплопроводности от температуры.

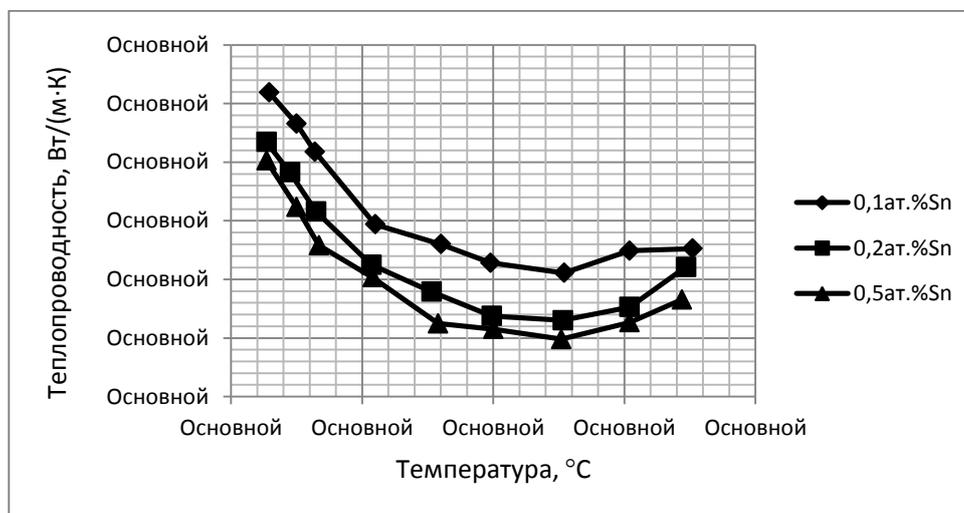


Рис. 2. График зависимости теплопроводности материалов от температуры образца

Оценочные данные показывают, что значение теплопроводности для материала может лежать в пределах 0,5–0,8 Вт/(м·К) для материала, легированного 0,5 ат.%Sn и 0,92–0,6 Вт/(м·К) для материала, легированного 0,1 ат.%Sn. Если сравнивать со значениями теплопроводности для чистого кристалла, то можно сказать, что легирование оловом уменьшает величину теплопроводности в 2–2,5 раза.

Результаты данной работы показывают положительное влияние легирования оловом на теплофизические свойства антимонида цинка и указывают направления для дальнейшего изучения свойств материала. Однако для полноценной оценки необходимо учитывать не только теплопроводность материала, но и коэффициенты электропроводности и термоЭДС.

Литература

1. Новотельнова А.В., Асач А.В., Лаборатория исследования свойств термоэлектрических материалов // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке. Материалы VI международной научно-технической конференции. – 2013. – С. 206–208.
2. Jund P., Viennois R., Tao X., Niedziolka Кммми., Tédenac J.-C. Physical properties of thermoelectric zinc antimonide using first-principles calculations // PhysRev. B. – 2012. – V. 85. – № 22. – P. 224105.



Лунева Елизавета Ивановна

Год рождения: 1990

Естественнонаучный факультет, кафедра экологического приборостроения и мониторинга, группа № 6713

Направление подготовки: 280700 – Техносферная безопасность
e-mail: eil@vniim.ru

УДК 53.089.68

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОТОЧНОГО КОМПЛЕКСА АППАРАТУРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЧАСТИЦ В НАНО- И МИКРОДИАПАЗОНЕ

Е.И. Лунева

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ю.А. Кустиков

Идентификация источников и оценка уровня содержания взвешенных наночастиц является одним из основных исследовательских направлений стратегии по созданию, исследованию и применению наноматериалов в экономически развитых странах. В первую очередь это связано с решением вопросов безопасности нанотехнологий в целях охраны окружающей среды, предотвращение или минимизация нежелательного воздействия наночастиц на человека, оценка последствий этого воздействия. Только при успешном решении вопросов безопасности может быть достигнута наибольшая польза от использования наноматериалов.

Основными параметрами, характеризующими наночастицы, являются размер частиц, массовая и счетная концентрация, площадь поверхности, распределение частиц по размерам, форма частиц и их химический состав. Традиционные методы измерений (гравиметрический, радиоизотопный, вибрационный), обеспечивающие контроль предельно-допустимых уровней аэрозольных частиц, выраженных в единицах массовой

концентрации, являются неэффективными для наноаэрозолей ввиду их низкой чувствительности.

Широкомасштабная национальная программа по развитию нанотехнологий, внедрение новых отечественных нормативных документов, устанавливающих требования к оценке безопасности наночастиц, стимулируют ввоз таких приборов в Российскую Федерацию (серийное производство аналогичных приборов в России в настоящее время отсутствует) и, соответственно, ставят задачу создания их метрологического обеспечения [1].

В ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» создан эталонный комплекс аппаратуры, предназначенный для исследования характеристик анализаторов и генераторов наноаэрозолей при проведении их испытаний в целях утверждения типа, калибровке и поверке в соответствии с Федеральным законом об обеспечении единства измерений № 102-ФЗ от 26.06.2008.

Структурная схема комплекса (рис. 1) разработана с учетом возможности решения метрологическим комплексом максимального числа измерительных задач по контролю аэродисперсных сред в широком диапазоне параметров наночастиц.

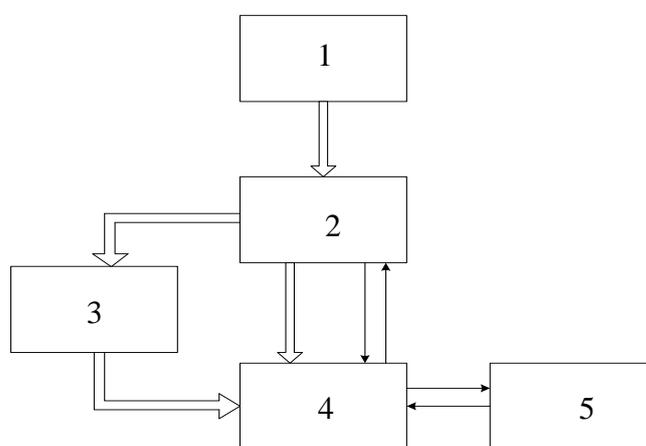


Рис. 1. Структурная схема метрологического комплекса

В состав комплекса входят: генератор аэрозолей 1, дифференциальный анализатор подвижности частиц DMA 2, электропреципитатор 3, портативный конденсационный счетчика частиц CPC 4, персональный компьютер 5 и другое вспомогательное оборудование. Управление комплексом осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения. В комплексе используется оборудование фирмы «Grimm Aerosol Technik GmbH» (Германия).

В комплексе осуществляется генерация частиц нанометрового диапазона и разделение частиц по размерам, при этом используется зависимость подвижности частиц в электростатическом поле от размера и приложенного напряжения при условии, что все частицы заряжены одинаково. Заряженные частицы, прошедшие стадию разделения либо под действием стационарного электростатического поля осаждаются на подложку (режим отбора пробы), либо оптическим методом определяется счетная концентрация конденсационно укрупненных частиц в зависимости от размерного диапазона (режим измерения).

При создании наноаэрозольной среды с заданными параметрами путем распыления суспензий или растворов наибольшую роль, в качестве получающейся в итоге аэродисперсной системы, играет исходная вода, которая используется для разведения солей или для создания суспензий. Даже небольшая минерализация воды, то есть наличие минеральных компонентов, а также наличие некоторых углеродных соединений, например, органического углерода, может при распылении создать

собственную аэродисперсную систему, которая даже без добавления солей и суспензий будет регистрироваться как аэрозоль нанометрового диапазона. Наличие такого фона будет сказываться на всех метрологических параметрах комплекса. Фон отрицательно, прежде всего, влияет на минимальную концентрацию аэрозоля, которую можно создавать с помощью комплекса.

В рамках исследования характеристик комплекса были выполнены эксперименты по распылению воды из разных источников, в том числе дистиллированной воды, воды после ионообменных колонок и системы очистки воды Simplicity UV. Для проведения эксперимента также использовался спирт, применяемый в хроматографии, т.е. спирт особой чистоты. В результате этих опытов было установлено, что спирт не может служить растворителем, так как при распылении он дает значительный фон, примерно в 50 раз превышающий фон дистиллированной воды, а наилучшие результаты дает вода, очищенная с помощью системы очистки воды Simplicity UV (рис. 2, а).

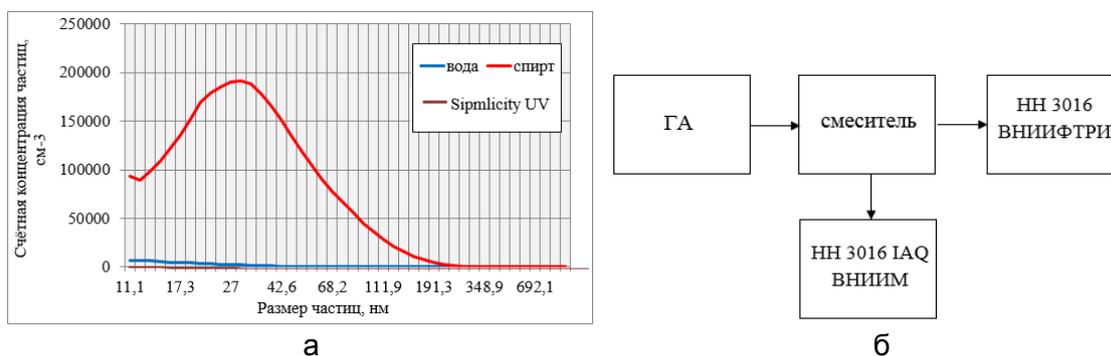


Рис. 2. Содержание частиц в жидкости, используемой в пробоподготовке (а);
схема установки для калибровки счетчика Handheld 3016 IAQ (б)

Исследование погрешности комплекса для измерения параметров частиц в микронном диапазоне размеров проводилось с помощью Государственного первичного эталона единицы счетной концентрации аэрозольных частиц (ВНИИФТРИ) [2]. В ходе испытаний распылялась суспензия на основе латекса с размером частиц 0,7 мкм. Показания лазерного счетчика Handheld 3016 IAQ сравнивались с показаниями счетчика Handheld 3016 ВНИИФТРИ, аттестованного в качестве рабочего эталона счетной концентрации аэрозольных частиц (рис. 2, б). Результаты измерений подтверждают характеристики счетчика Handheld 3016 IAQ (табл. 1).

Таблица 1. Результаты калибровки счетчика Handheld 3016 IAQ

| | | | |
|--------------|--------|--------|-------|
| Прибор | 0,3 | 0,5 | 1 |
| ВНИИМ | 56602 | 42067 | 35871 |
| ВНИИФТРИ | 59937 | 44233 | 36074 |
| δ , % | -6 | -5 | -1 |
| R , % | 6 | 5 | 1 |
| Прибор | 0,3 | 0,5 | 1 |
| ВНИИМ | 109385 | 83834 | 10580 |
| ВНИИФТРИ | 118564 | 85489 | 5529 |
| δ , % | -8 | -2 | 91 |
| R , % | 8 | 2 | 63 |
| Прибор | 0,3 | 0,5 | 1 |
| ВНИИМ | 252059 | 194184 | 19937 |
| ВНИИФТРИ | 280075 | 203539 | 10130 |
| δ , % | -10 | -5 | 97 |
| R , % | 11 | 5 | 65 |

Калибровка комплекса с помощью рабочего эталона, счетчика аэрозольных частиц Handheld 3016 IAQ, проводилась следующим образом. В небулайзер генератора заливалась суспензия монодисперсного латекса размером 521 нм. На CPC 5.403 устанавливались диапазоны сканирования размеров от 307,4 до 1083,3 нм. Время измерений было выбрано равным 1,67 мин. Параллельно производились измерения счетной концентрации рабочим эталоном – счетчиком аэрозольных частиц Handheld 3016 IAQ. По результатам измерений был произведен расчет коэффициента калибровки комплекса по показаниям Handheld 3016 IAQ, а также произведена оценка неопределенности калибровки (табл. 2).

Таблица 2. Результаты калибровки

| № опыта | T, c | $N_{i \text{ НН}}, \text{дм}^{-3}$ | $N_{i \text{ CPC}}, \text{см}^{-3}$ | K_i |
|--|--------|------------------------------------|-------------------------------------|------------|
| 1 | 100 | 378827 | 60,10 | 1,29 |
| 2 | 100 | 671025 | 121,90 | 1,13 |
| 3 | 100 | 514982 | 100,70 | 1,07 |
| 4 | 100 | 514635 | 123,50 | 0,87 |
| 5 | 100 | 509630 | 94,50 | 1,12 |
| 6 | 100 | 576305 | 117,70 | 1,02 |
| 7 | 100 | 721565 | 173,70 | 0,87 |
| 8 | 100 | 731792 | 139,70 | 1,05 |
| 9 | 100 | 766552 | 184,00 | 0,85 |
| 10 | 100 | 687636 | 184,60 | 0,79 |
| 11 | 100 | 650455 | 124,80 | 1,10 |
| Коэффициент калибровки | | | | 1,01 |
| Расширенная неопределенность $U (k=2)$ | | | | $\pm 11\%$ |

Для оценки возможностей метрологического комплекса выделять частицы в заданном диапазоне размеров были проведены соответствующие исследования. Процедура проведения исследований заключалась в том, что несколько капель суспензии каждого из указанных монодисперсных латексов разводились дистиллированной водой и распылялись стандартным образом с помощью генератора 7.811. Метрологический комплекс настраивался на 2 интервала размеров сканирования. Середина этих двух интервалов примерно соответствовала размеру частиц латекса.

Результаты калибровки можно признать удовлетворительными, так как комплекс четко выделил указанный размер частиц (рис. 3).

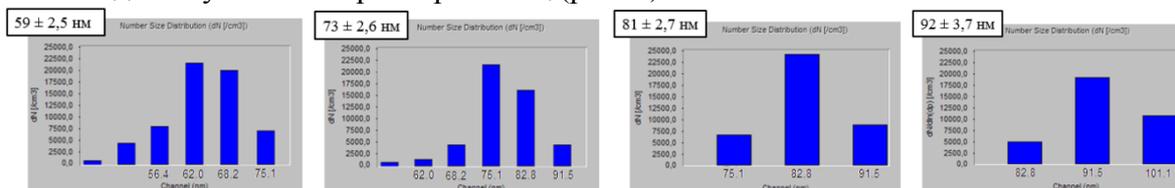


Рис. 3. Эффективность выделения DMA заданного размера на примере монодисперсных латексов с номинальными размерами частиц 60, 70, 80, 90 нм

По результатам исследований установлено, что метрологические характеристики комплекса позволяют обеспечить поверку и калибровку анализаторов аэродисперсных частиц с относительной расширенной неопределенностью от 10 до 20% в диапазоне счетной концентрации от 100 до 10^6 дм^{-3} для частиц размером от 50 нм до 10 мкм.

Литература

1. Кустиков Ю.А., Попов Б.И. Развитие эталонной базы в области измерения параметров аэродисперсных сред // Труды ГНЦ РФ «ВНИИФТРИ». – 2009. – № 56. – С. 51–91.
2. ГОСТ Р 8.606-2012. Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений дисперсных параметров аэрозолей, взвесей и порошкообразных материалов. – Введен 01.01.2014. – М.: Стандартинформ, 2013. – 11 с.

**Лысенко Алексей Евгеньевич**

Год рождения: 1985

Институт комплексного военного образования,
кафедра мониторинга и прогнозирования информационных угроз,
группа № 6756Направление подготовки: 090900 – Информационная безопасность
e-mail: XIII.2013@yandex.com

УДК 004.056.5

**ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ И АУДИТ ИНФОРМАЦИОННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННОГО
КОМПЛЕКСА****А.Е. Лысенко****Научный руководитель – аспирант Р.Р. Лесбаев**

На сегодняшний день существует некоторое количество методов и моделей управления и организациями, в целом, и информационными технологиями, в частности, которые освещают исключительно вопрос обеспечения информационной безопасности (ИБ) и аудита. Кроме того, существуют международные стандарты по менеджменту (управлению) и аудиту ИБ предприятия. Поскольку организация управления и аудит ИБ на предприятии, в общем, сводится к реализации соответствующей модели, поэтому был проведен анализ моделей наиболее подходящим для реализации на предприятиях военно-промышленного комплекса. ITIL (IT Infrastructure Library) – это библиотека передового опыта организации информационных технологий, которая образована из собрания лучших методов, существовавших в данной области [1]. Одним из процессов ITIL является управление ИБ, которое представляет собой никогда не прекращающийся цикл планов, действий, проверок и актов. Основным достоинством данной модели является перечень необходимых действий для реализации деятельности по ИБ и, основанных на многолетнем опыте, рекомендаций по обеспечению информационной безопасности предприятия. ITIL рассматривает управление ИБ как процесс. Но другие процессы, с которыми существует связь, должны иметь структуру ITIL, что на уже существующем предприятии трудно реализуемо. ГОСТ Р ИСО/МЭК 13335-1-2006 определяет управление информационной безопасностью как процесс, но, по сути, представляет структурный подход, основанный на базовых принципах обеспечения ИБ, описания основных компонентов безопасности и уровневой структуры взаимодействия этих компонентов. Данная модель, в отличие от предыдущей, рассматривает и организационную структуру обеспечения ИБ. Но, при этом отсутствует описание

реализации модели на более низком уровне управления. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001-2006 предлагает осуществлять управление ИБ, основываясь на процессном подходе. Необходимо отметить, что для успешной и эффективной реализации такого подхода по данному ГОСТу, как и в ITIL, требуется подобная организация всей деятельности предприятия. Данный стандарт представляет модель PDCA, которая может использоваться для организации любых процессов на предприятии, в том числе и процесса управления информационной безопасностью. Модель PDCA формально описывается как «Планирование (Plan) – Осуществление (Do) – Проверка (Check) – Действие (Act)». Модель СТО БР ИББС-1.0-2014 также основана на модели PDCA. Более детально описаны некоторые процессы. Основной отличительный момент данного стандарта от других – в нем понятия обеспечения ИБ и понятия управления ИБ разделены как две различные, хоть и взаимосвязанные, деятельности предприятия. Все представленные выше модели в той или иной форме представляют процессный подход высокого уровня. Но для построения модели управления и аудита ИБ необходимо использовать процессный подход более детально, а также необходимо воспользоваться моделями организационной и функциональной структур предприятия. Авторы «Комплексной системы защиты информации на предприятии» предлагают строить систему управления и аудита информационной безопасности как самостоятельную структуру предприятия, подчиняющуюся непосредственно руководителю предприятия или его заместителю [2]. Основная проблема такого подхода – отсутствие возможности определить функциональные зависимости между объектами системы, которую и решает соответственно функциональная модель предприятия. Она представляет собой разделение на следующие уровни: стратегическое, тактическое и оперативное управление [3]. На каждом уровне решаются соответствующие функциям вопросы. Таким образом, организуется централизованное управление и аудит информационной ИБ. Таким образом, для построения эффективной, гибкой и универсальной модели управления и аудита информационной безопасности на предприятии военно-промышленного комплекса используются три основополагающих подхода:

1. организационный, в котором осуществляется определение объектов модели и связей между этими объектами;
2. функциональный, в котором осуществляется определение зависимостей объектов друг от друга и от внешних факторов;
3. процессный подход, в котором осуществляется определение управляющих и управляемых воздействий на объекты модели и формируется окончательное представление модели на основе предыдущих подходов.

Для разработки модели управления и аудита ИБ на предприятии военно-промышленного комплекса требовалось решить ряд следующих задач:

1. определить цели, назначение модели и методы ее описания (осуществляется на стадии выбора подходов к решению основной задачи);
2. определить состав объектов модели (осуществляется с помощью организационного подхода);
3. определить назначение объектов модели (осуществляется на основе функционального подхода);
4. определить место объектов модели, обозначить связи и зависимости между объектами модели (осуществляется преимущественно с помощью процессного подхода, но с использованием результатов организационного и функционального подходов).

В результате выполнения вышеизложенных пунктов разработаны все необходимые промежуточные схемы, и в конечном виде модель управления и аудита ИБ представлена на рис. 1.

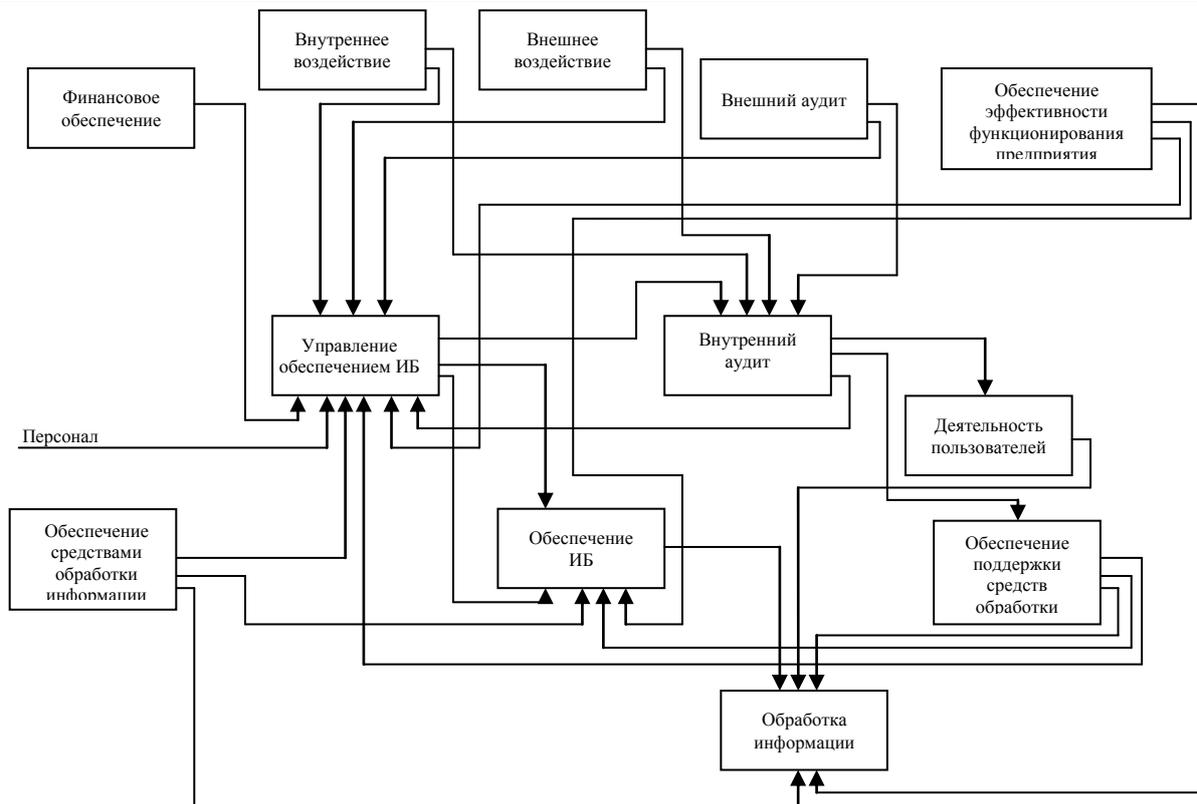


Рис. 1. Схема модели управления и аудита информационной безопасности предприятия

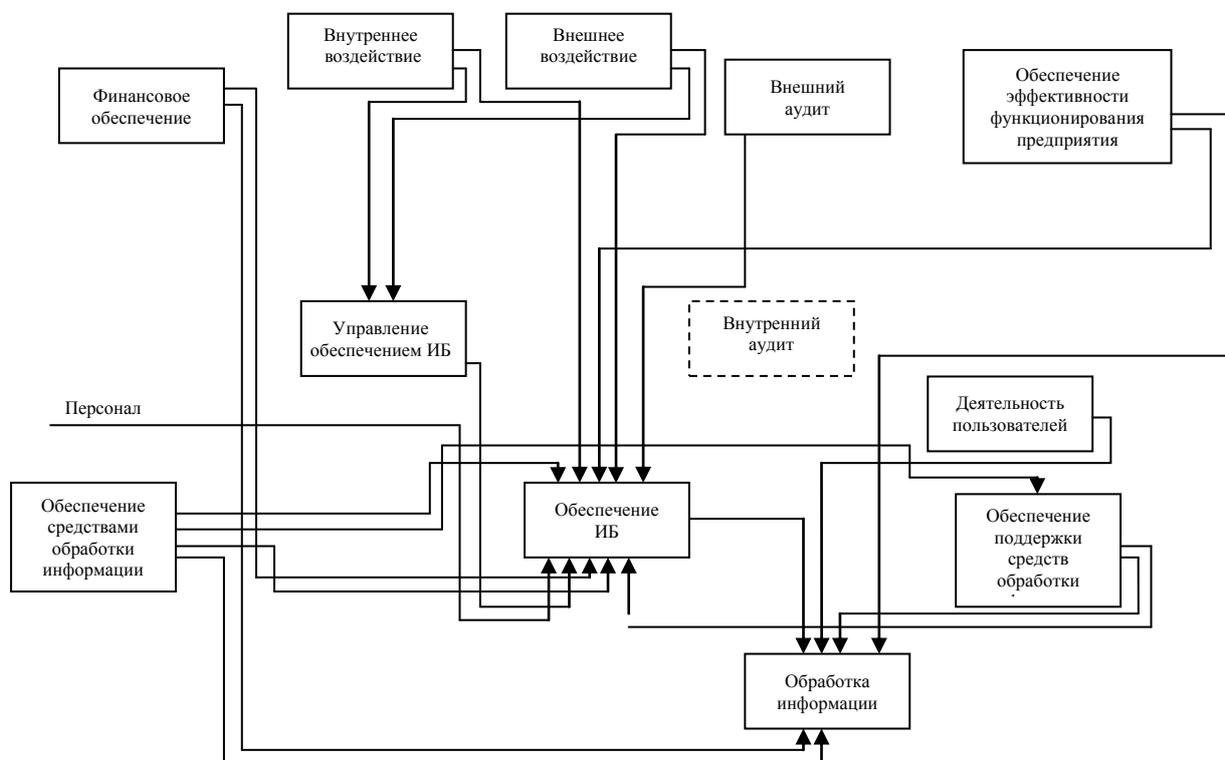


Рис. 2. Обобщенная модель управления информационной безопасностью исследуемого предприятия

Наиболее важным достоинством данной модели является наличие централизованного управления ИБ, в которое входит внутренний аудит. Безусловно,

разделение на виды защищаемой информации присутствует, но осуществляется на оперативном уровне управления. В итоге ИБ на предприятии занимается компетентный персонал. Разного уровня вопросы решаются на соответствующих уровнях управления. Система управления информационной безопасностью, включая аудит, и система обеспечения ИБ максимально независимы и замкнуты относительно других процессов и деятельности предприятия. Подчинение персонала осуществляется по строгой иерархии. Функциональные обязанности и деятельность, связанная с ними, четко и строго определены и контролируются высшим уровнем управления ИБ.

Разработанная модель была смоделирована на предприятии военно-промышленного комплекса ОАО «Конструкторское бюро специального машиностроения», входящее в состав «Северо-Западного регионального центра» АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей» как основное конструкторское предприятие. В результате моделирования и анализа результатов общая схема управления и аудита ИБ на предприятии представлена на рис. 2.

Отличий схемы модели управления и аудита ИБ исследуемого предприятия от разработанной достаточно много. Основными можно выделить следующие:

1. на предприятии отсутствует процесс «Внутренний аудит», он выделен пунктиром, вследствие чего деятельность пользователей и персонала обеспечения поддержки средств обработки информации никак не контролируется;
2. процесс «Финансовое обеспечение» имеет отдельное ресурсное воздействие на процесс «Обеспечение ИБ» и на процесс «Обработка информации», вследствие чего вопросы согласования взаимодействия между данными процессами иногда бывает достаточно сложными. Данные вопросы должны решаться процессом «Управление обеспечением ИБ»;
3. процесс «Управление обеспечением ИБ» не имеет управляющего воздействия на процесс «Обеспечение ИБ», а лишь является ресурсом, в данном случае информационным. Это приводит к формальному отношению к обеспечению ИБ на предприятии, что, в свою очередь, приводит к невозможности своевременно и адекватно реагировать на информационные угрозы и обеспечивать непрерывность ИБ;
4. обеспечение ИБ напрямую зависит от обеспечения средствами обработки информации, что приводит к ситуации, в которой приоритет отдается не обеспечению безопасности информации, а простоте и дешевизне ее обработки;
5. внешний аудит осуществляется исключительно процесса обеспечения ИБ и то, в случаях наличия государственного регулирования, в частности, обеспечения безопасности государственной тайны;
6. процесс «Обеспечение поддержки средств обработки информации» имеет прямую зависимость от процесса «Обеспечение средствами обработки информации», что приводит к обеспечению теми средствами, которые легче поддаются обслуживанию, а не которые требуются для обеспечения ИБ. Этот вопрос косвенно решается через процесс «Управление ИБ»;
7. процесс «Обеспечение эффективности функционирования предприятия» имеет управляющее воздействие на процесс «Обеспечение ИБ», что может приводить к конфликту с выполнением требований ИБ. Данный процесс должен выступать в качестве ресурса, а принятие решения о применении более эффективных средств или внедрении новых стандартов должно оставаться за процессом «Управление обеспечением ИБ».

В дальнейшем стоит более углубленно рассмотреть процессы управления ИБ, обеспечения ИБ и аудит с использованием процессного подхода. Необходимо выделить с точки зрения процесса управления ИБ и аудита особенности реализации модели для разных типов защищаемой информации. Более подробно рассмотрим

управляющие и управляемые воздействия, которые, в свою очередь, также представляют собой процессы. При этом продолжить разрабатывать более сложную модель в направлении максимальной универсальности, не только для предприятий военно-промышленного комплекса, но и для предприятий других сфер. В конечном итоге, основываясь на исследованиях частного характера, разработать модель государственного управления ИБ.

Литература

1. Введение в ИТ Сервис-менеджмент / Под ред. Потоцкого М.Ю. – М.: IT Expert, 2003. – 228 с.
2. Грибунин В.Г. Комплексная система защиты информации на предприятии: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Академия, 2009. – 416 с.
3. Курило А.П. Основы управления информационной безопасностью. Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., испр. – М.: Горячая линия-Телеком, 2014. – 244 с.



Моисеев Николай Юрьевич

Год рождения: 1985

Факультет пищевых технологий и инженерии, кафедра прикладной биотехнологии, группа № иб361

Направление подготовки: 240700 – Биотехнология

e-mail: kolyanich13@yandex.ru

УДК 637.33

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СЫРА С ЧЕДДЕРИЗАЦИЕЙ И ПЛАВЛЕНИЕМ
СЫРНОЙ МАССЫ ИЗ ВОССТАНОВЛЕННОГО МОЛОКА**

Н.Ю. Моисеев

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

Проблема использования в сыродельной промышленности восстановленного молока вызывает повышенный интерес специалистов и производителей на протяжении многих лет. В сегодняшнее время эта проблема особенно актуальна. Прежде всего, это связано с импортозамещением, сезонностью получения молока и территориальной проблемой. Географически все предприятия по производству сыров с чеддеризацией и термомеханической обработкой (плавлением) сырной массы (сулугуни, моцарелла, чечел и т.д.) находятся в южных широтах нашей страны. Это связано с наличием сырьевой базы и предпочтения населения к данной группе сыров. Очень тяжело приходится предпринимателям, которые хотят производить данные сыры в северных широтах нашей страны. Отсутствие сырьевой базы сводит на нет открытие новых производств в данных регионах. Решение этой проблемы кроется в использовании, как основного вида сырья, восстановленного молока. В изученной литературе имеются технологии с частичной заменой натурального молока на восстановленное от 30 до 50% при производстве сыров с чеддеризацией и плавлением сырной массы. Технология, с использованием в качестве основного сырья восстановленного молока с положительным результатом, не была найдена, и поэтому была разработана технология с полной заменой натурального молока на восстановленное. Использование восстановленного молока взамен натурального для получения сыров с чеддеризацией и

плавлением сырной массы позволит решить проблему сезонности поступления молочного сырья, географического положения производства и повысить импортозамещение.

Для достижения поставленной цели в данной работе решались следующие основные задачи:

- представить исследование рынка сыров России;
- обосновать выбор сухого обезжиренного молока в качестве сырья;
- оценить пригодность восстановленного молока для производства сырной массы;
- изучить влияние различных видов закваски на процесс созревания восстановленного молока;
- исследовать влияние различных видов заквасок на процесс чеддеризации сырной массы;
- исследовать влияние режима термомеханической обработки сырной массы на состав и свойства конечного продукта;
- разработать технологию получения сырной массы.

Объем предложения сыров на российском рынке в 2010–2012 годах рос, а в 2013–2014 годах падал. По итогам 2014 года наблюдалось наибольшее снижение объема продукции на рынке – на 7,1% относительно предыдущего года. Основной причиной уменьшения этого показателя стало существенное падение импорта. Это связано с эмбарго России на ввоз молочной продукции. Импорт сыров в Россию в 2014 году снизился более чем на 25% по отношению к 2013 году [1].

Перед российскими производителями молочной продукции, а, в частности, сыров, появились новые перспективы, в связи с введением эмбарго в отношении стран Евросоюза, США, Канады, Австралии и Норвегии. До введения продуктовых санкций доля всей импортной продукции в объеме предложения составляла более 45%, при этом доля производства была около 35% [1]. Основными поставщиками продуктов были те страны, в отношении которых действует продуктовое эмбарго.

Доля импорта по итогу 2014 году сократилась до 36,2%. Внутреннее производство выросла до 41,5% [1]. Таким образом, эмбарго создало благоприятные условия на рынке сыров для развития импортозамещения.

За рубежом сухое молоко принято делить на классы в зависимости от теплового воздействия, которому подвергается молоко при производстве молочных консервов. Степень денатурации сывороточных белков характеризует тепловую обработку перед сгущением, сгущение и сушку. А также продолжительность этих процессов. Этот показатель называют количеством азота неденатурированных сывороточных белков (АНСБ). Также в некоторой литературе его можно встретить, как индекс азота сывороточных белков (АИСБ). В зарубежной литературе этот показатель называется WPNI (Whey Protein Nitrogen Index). И характеризует он количество нативных сывороточных белков в 1 г сухого молока и определяется в диапазоне от 0 до 8 мг/г [2, 3].

Для производства сыров с чеддеризацией и плавлением сырной массы WPNI должен быть выше 6 мг/г, т.е. сухое молоко должно быть получено низкотемпературной обработкой.

Исследовав физико-химические показатели пяти образцов сухого обезжиренного молока разных производителей из разных стран, было выяснено, что образец № 2 («EuroSerum», Франция) – молоко сухое обезжиренное быстрорастворимое. WPNI в быстрорастворимом молоке не может быть более 3,5 мг/г, поэтому оно не подходит для производства сыров с чеддеризацией и термомеханической обработки сырной массы [4].

Далее исследовалось восстановленное молоко на физико-химические показатели. Было выяснено, что образец № 4 – сухое молоко производителя ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат», Белоруссия, было фальсифицировано, и не приемлемо для производства сыра, так как в нем пониженное содержание белка и низкое рН.

Далее образцы восстановленного и натурального молока осаждали сухой солью, фильтровали и у полученного фильтрата определяли оптическую плотность на спектрофотометре UV-1800 при длине волны от 240 до 520 нм.

Кривая оптической плотности молока из Германии (образец № 5) была максимально приближена к кривой оптической плотности натурального молока.

Также исследовав сгустки на возможность плавления только образец № 5 имел положительные характеристики на плавление. Полученные данные исследований свидетельствуют о том, что молоко производителя из Германии в процессе сушки в меньшей степени изменило состав и свойства, а, как следствие, оно более сыропригодно.

Исследовав все образцы восстановленного молока, был выбран один образец, свойства которого были максимально приближены к натуральному молоку – это сухое обезжиренное молоко из Германии (производитель «DMK Deutsches Milchkontor GmbH»). Сгустки этого восстановленного молока имели хорошие технологические показатели – плотный сгусток, сыворотка светлая, прозрачная.

В ходе экспериментальных исследований было выяснено, что только после продолжительной выдержки восстановленного молока, порядка 8 ч, впоследствии сырное зерно могло плавиться и тянуться в нити. Поэтому в производстве сыров с чеддеризацией и плавлением сырной массы из восстановленного молока эта операция является приоритетной и обязательной.

Также выдержка восстановленного молока при температуре от 4 до 20°C в течение 4–12 ч нужна для набухания белков молока, устранения водянистого привкуса, достижения необходимой вязкости и плотности.

Было предложено совместить две технологические операции – выдержку восстановленного обезжиренного молока и созревание. Так как процесс чеддеризации в производстве сыров довольно длительная операция и может занимать до 5 ч в зависимости от штаммов входящих в состав используемой закваски и температуры чеддеризации, созревание восстановленного молока интенсифицирует этот процесс.

В качестве опытных образцов были использованы следующие сухие лиофилизированные закваски прямого внесения CHOOZIT™ ALP LYO, Danisco, Франция; AiBi LcLs30.11, Зеленые Линии, Россия и Lyofast MOT 092E, Sacco, Италия.

Созревание обезжиренного молока проводилось при 15±1°C в течение 10 ч со стандартной дозой закваски и не имели существенных различий в нарастании кислотности.

Закваска 30.11 проявила себя отрицательно. Активная кислотность снижалась очень медленно и по истечению 2,5 ч она снизилась до значения 5,87, когда в остальных образцах это значение было 5,13 для 092E и 5,17 для ALP. Скорее всего это связано с порчей закваски или атакой бактериофага, слабой резистентностью штаммов закваски к бактериофагу. Для дальнейших исследований была выбрана лиофилизированная закваска 092E.

Следующим этапом исследования было влияние созревания молока на продолжительность чеддеризации. Сравнения проводились между созревшим молоком со стандартной дозой закваски перед созреванием и молоком без созревания со стандартной дозой закваски, вносимой перед сквашиванием. Созревание

восстановленного обезжиренного молока ускоряло процесс чеддеризации минимум на 60 мин до рН, равного 5,2.

Интенсифицировать максимально процесс чеддеризации можно путем добавления двойной дозы закваски, одна часть перед созреванием, а вторая перед сквашиванием, и проводить сквашивание и чеддеризацию при температуре $42\pm 1^\circ\text{C}$. В этом случае процесс чеддеризации займет примерно 1 ч 50 мин.

Продукт, получаемый после термомеханической обработки при режимах плавления $65\pm 1^\circ\text{C}$, $70\pm 1^\circ\text{C}$, $75\pm 1^\circ\text{C}$, имел все искомые качества – эластичность, волокнистость и слоистость, но в образцах, с температурой плавления $65\pm 1^\circ\text{C}$, был меньший выход продукта, связанный с пониженным содержанием влаги, что не являлось положительным. При плавлении образца при $85\pm 1^\circ\text{C}$, наблюдалось наоборот повышенное влагосодержание, что давала продукту межующуюся и излишне мягкую консистенцию готового продукта.

Большие потери жира – более 3% после плавления наблюдались при температурных режимах, превышающих $75\pm 1^\circ\text{C}$, а при $80\pm 1^\circ\text{C}$ – более 5%.

Таким образом, можно сделать вывод, что оптимальным температурным режимом термомеханической обработки является режимы $64\text{--}71^\circ\text{C}$. Эти режимы обеспечивают искомые качества и максимальный выход готового продукта.

В ходе проведенной работы была разработана технология сыра с чеддеризацией и плавлением сырной массы и сформулированы следующие выводы:

1. разработана методика экспресс-метода определения пригодности восстановленного молока для сыроделия;
2. было выяснено, что для производства сыров с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы из восстановленного молока обязательной подготовкой является выдержка молока для созревания не менее 8 ч;
3. изучены три вида бактериальных заквасок, рекомендованных для выработки сычужных сыров, и их влияние на процесс созревания молока. Созревание при 15°C в течение 10 ч повышало титруемую кислотность во всех образцах на $4\pm 0,5^\circ\text{T}$;
4. доказана возможность сокращения процесса чеддеризации за счет созревания молока минимум на 1 ч (чеддеризация проводилась при $42\pm 1^\circ\text{C}$);
5. подобрана оптимальная температура процесса чеддеризации, которая равна $42\pm 1^\circ\text{C}$ с использованием закваски МОТ 092Е;
6. изучено влияние дозы и способа внесения закваски на процесс чеддеризации. Одна часть (10 ед.) закваски МОТ 092Е, вносилась перед созреванием, вторая перед сквашиванием, что ускоряло темп чеддеризации, и процесс занимал 1 ч 50 мин при температуре $42\pm 1^\circ\text{C}$;
7. изучены особенности термомеханической обработки сырной массы. Подбран температурный режим, обеспечивающий максимальный выход и минимальную потерю жира в теплоноситель, без ущерба для консистенции готового продукта, равный $65\text{--}70^\circ\text{C}$.

Литература

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://businessstat.ru/images/demo/cheese_russia.pdf, своб.
2. Байланд Г. Технология производства молочных продуктов / Пер. А. Берюков, О. Куркина. – М.: ЗАО «Тетра Пак АО», 2006. – 413 с.
3. Капленко А.Н., Евдокимов И.А., Капленко Н.Н. Особенности производства сыров с чеддеризацией и плавлением массы // Сыроделие и маслоделие. – 2012. – № 4. – С. 35–36.

4. Вестергаард В. Технология производства сухого молока. Выпаривание и распылительная сушка. – Копенгаген / Дания, NiRO, 2003. – 304 с.



Мосягин Сергей Владимирович

Год рождения: 1985

Факультет холодильной, криогенной техники
и кондиционирования, кафедры кондиционирования воздуха,
группа № иб453

Направление подготовки: 141200 – Термоэлектрическое
преобразование энергии

e-mail: venya@bk.ru

УДК 537.322

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ И ТЕРМОЭДС
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА АНТИМОНИДА ЦИНКА**

С.В. Мосягин

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Л.П. Булат

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы НИР № 713547 «Нанокompозитные термоэлектрики для генерации электроэнергии».

В последние годы получению электрической энергии альтернативными способами уделяется все больше и больше внимания. Одним из таких способов может быть термоэлектрическое преобразование. Генераторы, построенные на этом эффекте, имеют ряд преимуществ. Они экологичны, бесшумны, их КПД не зависит от размеров, а также они могут работать от любого источника тепла. На сегодняшний день основными материалами, используемыми для создания термоэлектрических генераторов, являются теллуриды висмута и свинца, а также твердые растворы на их основе. Эти материалы очень дороги, а их производство токсично, соответственно подбор более дешевых и безопасных аналогов является актуальной на сегодняшний день задачей.

Термоэлектрический генератор представляет собой последовательно соединенные элементы, состоящие из двух полупроводников различного типа проводимости. Материалы, используемые в термоэлектрических генераторах, должны иметь высокие термоэлектрические свойства в одинаковом диапазоне температур и обладать близким коэффициентом теплового расширения. Последние результаты исследований показывают, что такими материалами могут стать силицид магния и антимонид цинка.

Антимонид цинка является перспективным термоэлектрическим материалом. Его изучением занимаются физические лаборатории во всем мире. Исследуется влияние легирующих примесей на его электрофизические и теплофизические свойства, однако, мало работ посвящено температурному гистерезису электрофизических свойств, которые отсутствуют в чистом образце и возникают в материале после внесения в него легирующих примесей. Данная работа посвящена изучению влияния малых добавок олова на коэффициенты термоЭДС и электропроводности материала, а также появившемуся в результате легирования температурному гистерезису.

Для изучения ФТИ им. А.Ф. Иоффе были предоставлены образцы антимонида цинка с содержанием легирующей примеси олова в размере 0,1 0,2 и 0,5 ат.%. Измерения проводились на базе лаборатории прямого преобразования энергии и

нано-инжиниринга термоэлектрических структур Университета ИТМО [1]. Измерительная установка лаборатории позволяет определять удельное электрическое сопротивление и коэффициент термоЭДС материалов в среде инертного газа (гелия) в диапазоне от комнатных температур до 1200 К.

Измерения термоэлектрических свойств проводились как в процессе нагрева образцов (в прямом направлении), так и в процессе их охлаждения (в обратном направлении) для выявления эффекта температурного гистерезиса. Через каждые десять градусов производилось по два замера физических величин с интервалом в две минуты. Измерения проводились в несколько этапов. Первый этап состоял из двух измерений, различающихся временем выдержки образцов при комнатной температуре перед началом измерения. Перед первым измерением образцы выдерживались в течение нескольких недель. Как указывалось в [2], подобная выдержка необходима для того, чтобы образцы перешли в равновесное состояние. Выдержка между первым и вторым измерением составляла несколько часов. Второе измерение в дальнейшем считалось эталонным, так как время выдержки между последующими измерениями было аналогичным. По результатам первых измерений можно судить о зависимости необходимого времени выдержки образца для возврата в равновесное состояние от концентрации легирующей примеси. Так для образца с минимальным содержанием олова время выдержки практически не влияло на ширину петли гистерезиса. Для остальных образцов значение удельного электрического сопротивления и коэффициента термоЭДС имели различную ширину и площадь петли температурного гистерезиса. Кривая измерений повторного нагрева для удельного электрического сопротивления лежала ниже первоначальной кривой. Кривая обратного хода при повторном измерении накладывается на кривую первоначальных измерений обратного хода удельного электрического сопротивления. Для кривой измерения термоЭДС в прямом направлении характерна обратная ситуация. Кривая повторного измерения величины термоЭДС в сторону увеличения температуры лежала выше первоначальной кривой. Обратная кривая также как и у удельного сопротивления совпадает с первоначальной обратной кривой.

Для первой серии измерений (после длительной выдержки) характерно различие показаний на прямой и обратной ветвях для удельного электрического сопротивления и термоЭДС при комнатной температуре. Такое различие говорит о том, что начальная точка кривых прямого и обратного хода должна находиться при температуре ниже комнатной. Также можно отметить, что температура, при которой достигается максимум термоЭДС и удельного электрического сопротивления не зависит от длительности выдержки образца при комнатной температуре.

Для коэффициента термоЭДС было замечено, что повторное измерение термоЭДС при заданной температуре на прямой ветви несколько выше первоначально померенного значения. Для значений удельного электрического сопротивления этот эффект не наблюдается. Соответственно, представляет научный интерес изучение зависимости термоЭДС материала от скорости нагрева образца. Для этого был проведен второй этап эксперимента, в котором в процессе нагрева образца проводились не два измерения термоэлектрических свойств при заданной температуре, а одно измерение. Был увеличен температурный шаг между измерениями до 50 градусов. Использование такого температурного профиля позволило уменьшить время достижения максимальной температуры более чем в 3 раза.

По результатам экспериментов был сделан вывод, что скорость нагрева не влияет на величину удельного электрического сопротивления, однако, величина термоЭДС материала претерпевает существенные изменения. Максимальное значение коэффициента термоЭДС материала увеличивается и смещается вправо по

температурной шкале, а при достижении максимальной температуры лежит выше эталонного замера. Для изучения инерционности коэффициента термоЭДС было решено провести выдержку образца в течение получаса при температуре 600 К с измерением коэффициента термоЭДС через каждую минуту. Результаты эксперимента показали, что коэффициент термоЭДС переходит в установившийся режим в течение 4 минут. Оставшееся время выдержки никак не влияет на изменение коэффициента термоЭДС и удельного электрического сопротивления образца. На основе этих результатов было решено в последующих измерениях проводить выдержку в течение 10 мин перед началом процесса охлаждения.

Для более детального изучения свойств температурного гистерезиса был проведен третий этап эксперимента с нагревом образцов до температур ниже и выше критической точки (максимума значений коэффициентов термоЭДС и удельного электрического сопротивления).

В случае нагрева образцов до температур выше критических, кривая обратного измерения коэффициента термоЭДС после выдержки полностью совпала с кривой эталонного замера. Удельное электрическое сопротивление после выдержки не достигло обратной кривой эталонного измерения, а заняло некое промежуточное значение. Кривая последующего охлаждения не совпадает с обратной кривой эталонного измерения.

В случае нагрева образцов до температур, ниже критических для значений удельного электрического сопротивления, отчетливо видно, что температурного гистерезиса на таком диапазоне температур не наблюдается. Данные измерений обратной кривой полностью ложатся на кривую нагрева. Для значений термоЭДС наблюдается небольшое отклонение между прямой и обратной ветвями, но при определенной температуре, выше комнатной, обратная кривая выравнивается и практически полностью ложится на кривую прямого измерения.

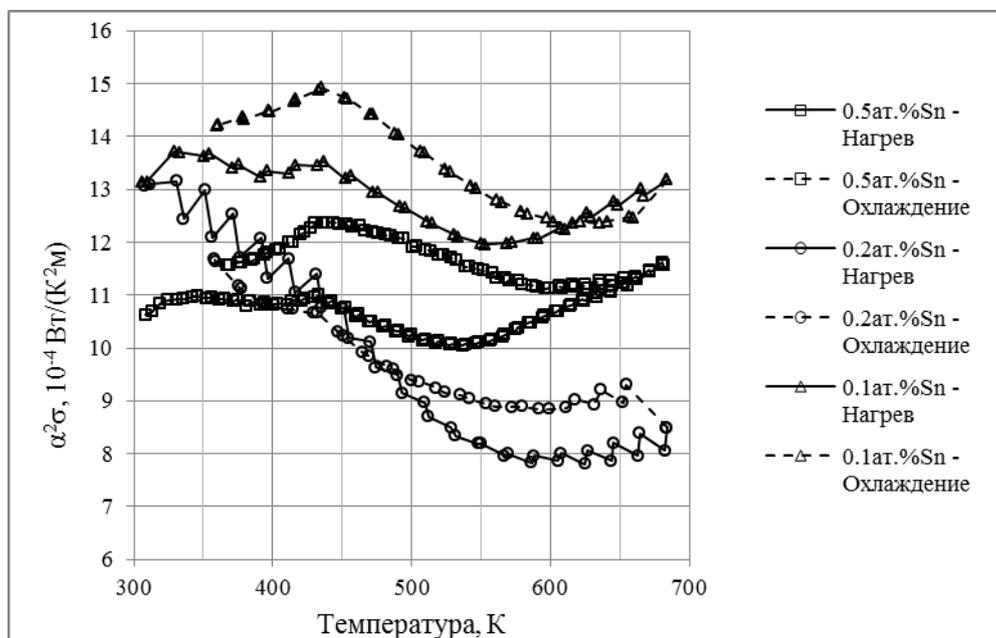


Рисунок. График зависимости фактора мощности от температуры

По результатам экспериментов можно сделать вывод что, наибольшим значением коэффициента термоЭДС обладает материал с содержанием 0,1 ат.% Sn, также этот материал обладает и наибольшим электрическим сопротивлением. Характеристики материалов с содержанием легирующей примеси 0,2 ат.% Sn и 0,5 ат.% Sn схожи и

лежат в диапазоне 200–260 мкВ/К для значений коэффициента термоЭДС и 40–65 мкОм/м для значений удельного электрического сопротивления. Для более точной оценки влияния свойств материала на термоэлектрические характеристики необходимо рассчитать фактор мощности материала, который представляет собой произведение квадрата термоЭДС материала на коэффициент электропроводности:

$$\alpha^2 \sigma = \frac{\alpha^2}{\rho},$$

где α – коэффициент термоЭДС; σ – коэффициент электропроводности; ρ – удельное электрическое сопротивление материала.

Результаты расчета представлены в виде графика на рисунке.

Из графика видно, что наибольший фактор мощности достигается на обратных ветках материалов с концентрацией легирующей примеси 0,5 ат.%Sn и 0,1 ат.%Sn. Наибольший фактор мощности наблюдается у образца с концентрацией легирующей примеси 0,1 ат.%Sn, и составляет 14,9 мкВт/(К²·см). Однако для полноценной оценки термоэлектрических свойств необходимо учесть и значение теплопроводности материала.

Литература

1. Новотельнова А.В., Асач А.В. Лаборатория исследования свойств термоэлектрических материалов // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке. Материалы VI международной научно-технической конференции. – 2013. – С. 206–208.
2. Прокофьева Л.В., Константинов П.П., Шабалдин А.А., Пшеная-Северин Д.А., Бурков А.Т., Федоров М.И. Легирование и дефектообразование в термоэлектрике ZnSb с примесью меди // Физика и техника полупроводников. – 2014. – Т. 48. – Вып. 12. – С. 1611–1620.



Поляков Дмитрий Игоревич

Год рождения: 1989

Факультет инфокоммуникационных технологий,
кафедра программных систем, группа № 6997

Направление подготовки: 210700 – Инфокоммуникационные
технологии и системы связи

e-mail: polyakovworkbox@gmail.com

УДК 004.054

АНАЛИЗ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ ДОЛГОМ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ

Д.И. Поляков

Научный руководитель – к.т.н., доцент Т.Е. Войтюк

Работа выполнена в рамках совместной программы Университета ИТМО и Лаппеенрантского технического университета.

Целью исследования было изучить и понять определение технического долга. Технический долг это метафора, которая относится к ситуации, в разработке

программного обеспечения, когда проблема решается обходным путем с использованием практик, снижающих дальнейшую возможность поддержки проекта, внесения в него изменений. В настоящее время технический долг сложно определить из-за того, что данная метафора часто используется практиками и исследователями. В работе использована методология систематического картографирования, чтобы собрать и проанализировать литературу, связанную с темой исследования. Было собрано 159 исследований, в которых было упоминание первоначального определения технического долга. Все они были извлечены из наиболее известных зарубежных баз данных научных публикаций. Были выделены 107 определений технического долга, которые после были разделены на ключевые слова. Карта ключевых слов является одним из основных результатов этой работы. Кроме того, в результате работы были также выделены синонимы и различные типы технического долга. В целом, 33 ключевых слова или фразы, 6 синонимов и 17 видов технического долга были найдены.

Всего было выделено 4 вопроса.

1. Что такое технический долг?

Это центральный вопрос этого исследования. Понимание сущности технического долга обеспечивает основу для ответа на следующие вопросы исследования. С точки зрения практиков, ответ на этот вопрос поможет точнее оценить ситуацию в текущем проекте, корректировать стратегию и процесс, а также успешно завершить проект с использованием технического долга в качестве инструмента в переломный момент.

2. Какие существуют синонимы метафоры технического долга?

Технический долг, по-видимому, не единственная метафора, которая описывает рассматриваемую проблему. Нахождение ее синонимов позволит более точно определить саму метафору, выделив сходства и различия между ними и техническим долгом.

3. Какие виды технического долга упоминаются в научных работах?

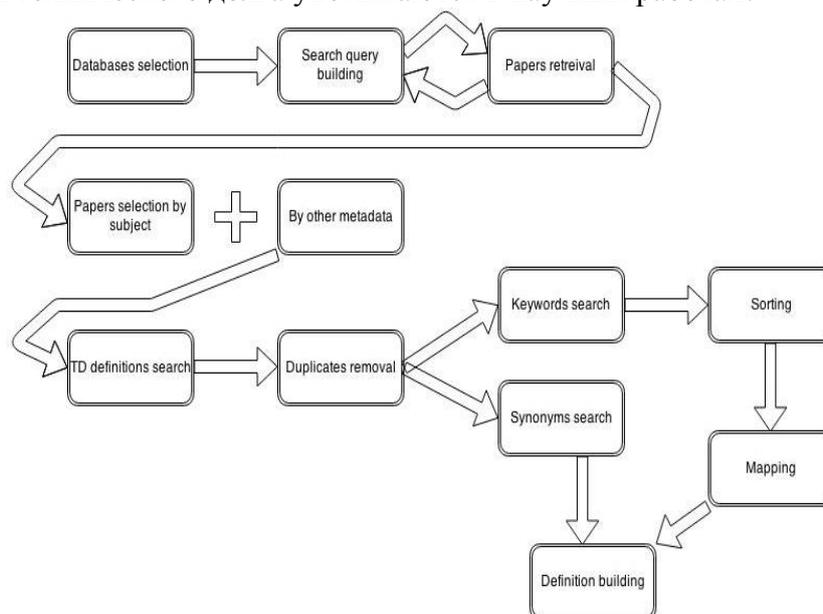


Рис. 1 Процесс картографирования

Дифференциация видов технического долга может помочь установить причину возникших проблем в программном обеспечении проекта, определить стадию

жизненного цикла проекта, в течение которого долг был взят и, таким образом, установить его местонахождение, понять причины его возникновения.

4. Можно ли построить общее определение метафоры технического долга?

Возможность построения общего определения технического долга будет иметь решающее значение для связывания теоретических исследований с практикой, так как это позволит избежать недоразумений в коммуникациях, найти вероятные точки соприкосновения, а также решения технических проблем, связанных с данной тематикой.

На рис. 1 представлена схема процесса исследования.

На первом шаге были выбраны базы научных публикаций для поиска исходных данных:

- IEEE Xplore (<http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/dynhome.jsp>);
- ACM Digital Library (<http://portal.acm.org/dl.cfm>);
- Springer Link (<http://link.springer.com/>);
- Science Direct. (<http://www.sciencedirect.com>);
- Ebsco (<http://search.ebscohost.com>).

Далее итеративно была подобрана поисковая фраза, позволяющая найти все исследования, имеющие ссылку на изначальную статью Каннингхэма.

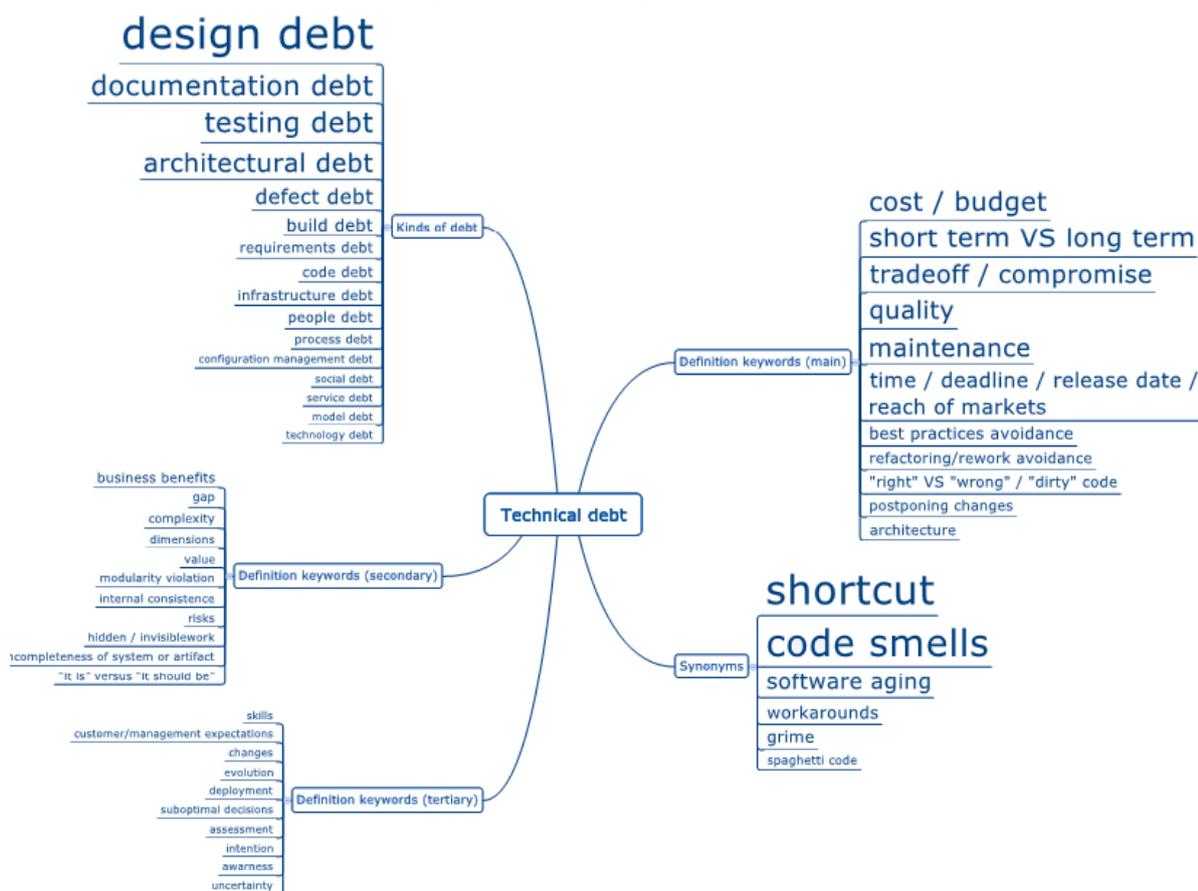


Рис. 2. Карта технического долга

После этого все выбранные статьи (159) были просмотрены. На этом этапе осуществлялся отбор по заголовку, аннотации и введению/заключению а также удалялись дубликаты. Критериями отбора служили:

- статьи написаны на английском языке;
- статьи опубликованы в промежутке между 1992 и 2015 годами;

- статьи общедоступны;
- статьи имеют в качестве основного фокуса проблемы технического долга.

В конечном итоге были отобраны 84 статьи.

На следующем этапе отобранные статьи были просмотрены на предмет определений технического долга, его синонимов и типов. Все найденные определения были разбиты на ключевые слова. Ключевые слова, в свою очередь, были отсортированы по частоте их использования и разделены на группы. На рис. 2 представлена карта ключевых слов, синонимов и типов технического долга. Чем больше ключевое слово было использовано для описания технического долга в отобранных статьях, тем более крупным шрифтом это слово отображено на карте.

В качестве результатов также были получены следующие обобщенные определения технического долга:

- компромисс между краткосрочной выгодой (например, немедленным удовлетворением потребностей рынка) и долгосрочной стабильностью проекта, расширяемостью и внутренним единообразием системы на стадии разработки;
- компромисс между качеством, временем и стоимостью системы, который был сделан в пользу использования обходных путей, и в конечном итоге привел к увеличению разрыва между текущим и возможным качеством системы.

Решение – отложить необходимые изменения или сделать их «быстро и грязно» и платить за это стоимостью будущего обслуживания, вместо того чтобы использовать наилучшие доступные практики сразу.

В целом данное исследование предоставляет возможность понять сущность метафоры технического долга, определить его в соответствии с мнением мировых авторов и исследователей, а также охватить все накопленные по этому вопросу научные знания в систематизированном виде. Будущие исследования в этой области могут быть направлены на уточнение механизмов действия технического долга на практике а также работать над вопросами менеджмента технического долга.

Литература

1. Cunningham W. The WyCash Portfolio Management System // ACM SIGPLAN OOPS Messenger. – 1993. – V. 4. – № 2. – P. 29–30.
2. Fowler M., Beck K. Refactoring: improving the design of existing code. – Addison-Wesley Professional, 1999. – 464 p.
3. McConnell S. Managing Technical Debt [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.construx.com/uploadedFiles/Construx/Construx_Content/Resources/Documents/Managing%20Technical%20Debt.pdf, своб.
4. Li Z., Avgeriou P. and Liang P. A systematic mapping study on technical debt and its management // Journal of Systems and Software. – 2015. – № 101(0). – P. 193–220.
5. Yli-Huumo J., Maglyas A. and Smolander K. The Sources and Approaches to Management of Technical Debt: A Case Study of Two Product Lines in a Middle-Size Finnish Software Company // Lecture Notes in Computer Science. – 2014. – V. 8892. – P. 93–107.



Ткешелашвили Нино Мерабиевна

Год рождения: 1992

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6110

Направление подготовки: 231000 – Информатика
и вычислительная техника

e-mail: ninomt@rambler.ru

УДК 004.622, 004.043

ИЗВЛЕЧЕНИЕ СУЩНОСТЕЙ ИЗ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ ЦЕНОВЫХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ

Н.М. Ткешелашвили

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.М. Дергачев

Ценовые предложения представляют особый интерес с точки зрения анализа и принятия решений, например, исследования ассортимента, сравнения характеристик товаров и выбора наиболее оптимальной цены. Однако применение существующих средств многомерного анализа данных, например, OLAP (англ. online analytical processing, аналитическая обработка в реальном времени), к документам электронных таблиц не возможно. Любая автоматическая обработка требует специальной подготовки входных данных. С этой точки зрения электронные таблицы, столь удобные для использования человеком, не годятся в качестве исходных данных для программы. **Целью работы** являлось извлечение информации из электронных таблиц ценовых предложений и представления ее в структурированном виде для последующего преобразования в формат, используемые системами анализа, например, в хранилище данных.

Проблема поиска и выделения структуры данных из неструктурированных источников, к которым относятся электронные таблицы ценовых предложений, рассматривается в нескольких работах, в том числе [1, 2]. Предложенные подходы опираются в основном на использование формул и поиск функциональных зависимостей между данными, и заточены под конкретные задачи. Алгоритм, разработанный в настоящей работе, использует кроме самих данных их визуальное представление, основанное на форматировании таблицы, и таким образом не зависит от наличия в документе формул.

Задачей алгоритма является распознавание структурных элементов таблицы, извлечение из нее информации и представление ее в виде структурированных объектов. К структурным элементам относятся заголовки, врезанные заголовки, агрегатные поля и матричное ядро. При этом предполагается, что таблица содержит информацию о множестве однотипных сущностей (товаров).

Алгоритм учитывает такие свойства ценовых предложений, как большой объем (много строк данных), относительно несложная структура, наличие объединенных ячеек и врезанных заголовков. Процесс извлечения сущностей из электронных таблиц состоит из следующих шагов:

1. определение рабочей области;
2. определение направления данных;
3. поиск шаблона данных и заголовков;
4. обработка заголовков;
5. извлечение (формирование) объектов.

В общем случае таблица располагается в произвольном месте листа, с некоторыми отступами сверху и слева. Под рабочей областью понимается диапазон

ячеек, в которых содержится непосредственно таблица и относящаяся к ней информация, т.е. минимальный прямоугольник, охватывающий все не пустые ячейки листа. На данном шаге невозможно отделить таблицу от прочей окружающей ее информации, можно лишь сократить объем обрабатываемых данных.

Под направлением данных понимается расположение сущностей в таблице, т.е. является таблица строчной или столбцовой. Для определения ориентации таблицы рассмотрим ее как графическое изображение. Каждая ячейка обладает набором атрибутов, описывающих содержащиеся в ней данные и их форматирование, такие как тип границ, цвет фона и текста, выравнивание, формат и тип данных. Сопоставим каждому значению конкретного атрибута битовую карту, определяющую расположение ячеек, для которых атрибут принимает данное значение. Если назначить каждой карте свой цвет и наложить их друг на друга, результатом будет условное изображение таблицы. По такому изображению можно предположить ориентацию таблицы. Это возможно благодаря тому, что одинаковые данные сгруппированы в линии. Например, в столбцовой таблице данные схожих типов и форматирования будут идти вертикальными рядами. Графа, содержащая проценты, дату или число, будет визуально отличаться от рядом стоящих граф. Исключение составляют заголовки и врезанные заголовки, направление которых перпендикулярно направлению данных. С помощью алгоритма Хафа на битовых картах ищутся прямые линии. Преобладание вертикальных линий указывает на столбцовую таблицу, горизонтальных – на строчную.

Как правило одному объекту в таблице соответствует одна строка. Однако не в каждой строке таблицы содержится объект. Строка может содержать основной заголовок, врезанный заголовок, агрегатные данные или быть пустой в целях визуального деления таблицы на блоки. Кроме того, в рабочую область попадает не только таблица, но и окружающая ее информация как над, так и под таблицей, которая также не является объектом. Чтобы отделить строки с полезными данными от остальных составляется шаблон данных и заголовков (рисунок).

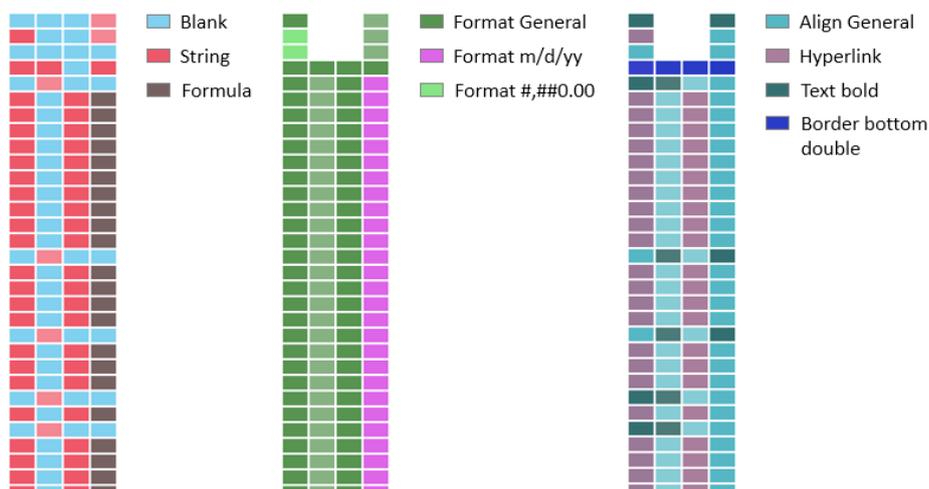


Рисунок. Наложение битовых карт для поиска шаблона данных

Шаблоны ищутся статистически на изображении, полученном в ходе наложения нескольких битовых карт. Наиболее часто повторяющиеся шаблоны принимаются за данные, более редкие за заголовки.

Далее для сформирования объекта, нужно понять, какие именно его свойства отражены в таблице, т.е. извлечь названия полей объекта из шапки таблицы. Распознавание основного заголовка базируется на нескольких предположениях:

1. заголовок находится непосредственно над первой строкой данных;

2. заголовок имеет древовидную структуру;
3. над каждым полем объекта находится ровно один заголовок.

После того, как вся иерархия заголовков найдена, формируется имя для каждого поля таблицы как цепочка заголовков от верхнего уровня к нижнему, разделенных двоеточием. Набор полей объекта, сформированный основным заголовком таблицы, дополняется данными врезанных заголовков. В отличие от основного заголовка, врезанному заголовку не соответствует значение. Такие заголовки обычно отражают причастность объекта к какой-то группе, и их значения можно считать логическими: принадлежит или не принадлежит объект к категории.

На последнем шаге формируются объекты. Объект состоит из массива свойств, представляющих собой пары «ключ-значение», где ключами выступают наименования полей таблицы, а значениями – соответствующие значения ячеек из строки, описывающей объект. Наименования полей частично известны после предыдущего шага, а значения заполняются во время прохода по всем строкам таблицы, удовлетворяющим найденным на третьем шаге шаблонам данных. Обход строк таблицы начинается с первой строки, расположенной под шапкой таблицы. Строка проверяется на соответствие шаблонам, выбранным на третьем шаге алгоритма «Поиск шаблона данных и заголовков». Если строка не соответствует ни одному шаблону, она пропускается и выбирается следующая. Такие строки считаются ошибочными данными или данными, не представляющими интереса с точки зрения выборки объектов. Например, строки, содержащие агрегатные поля. Это могут быть также пустые строки, пропущенные для визуального разделения частей таблицы.

Таким образом, предложенный алгоритм решает задачу распознавания структурных элементов таблицы и формирования из данных, содержащихся в таблице, объектов, с учетом ее структуры, а также особенности предметной области ценовых предложений. Для распознавания структуры таблицы используются ее визуальные представления, построенные на основе атрибутов форматирования и типов данных ее ячеек.

На основе предложенного алгоритма был реализован прототип модуля извлечения объектов на языке Java. Для тестирования работы алгоритма были выбраны наборы прайс-листов различных существующих компаний. Для каждого параметра приведено среднее значение по всем таблицам рассматриваемой группы таблиц.

Таблица. Результаты тестирования алгоритма

| | Точность определения направления данных, % | Точность распознавания, % | | |
|-----------|--|---------------------------|----------------------|---------|
| | | заголовка | врезанного заголовка | объекта |
| Normark | 100 | 88 | 90 | 98 |
| Dreamline | 100 | 96 | 100 | 100 |
| Питер | 98 | 100 | 94 | 84 |
| OCS | 100 | 100 | 82 | 95 |

Каждая компания оформляет прайс-листы в одном стиле, используя одинаковое форматирование и способ выделения элементов таблицы. Это позволяет рассматривать таблицы ценовых предложений одной компании как группу схожих данных и выявлять недостатки алгоритма для конкретного типа таблиц. Если какие-то способы оформления таблиц негативно влияют на работу алгоритма, то это отражается в низком показателе для всей группы.

Проанализировав результаты работы алгоритма и структуру исходных прайс-листов, можно сделать несколько выводов.

Во-первых, большое количество данных в таблицах ценовых предложений позволяет практически безошибочно определять их направление.

Во-вторых, люди не всегда организуют таблицу по всем правилам. Одной из проблем распознавания заголовков стало использование в некоторых листах пустых граф, граф без названий или объединение под одним названием нескольких граф.

Несмотря на указанные проблемы, алгоритм справляется с поставленной задачей. Положительным моментом является низкая восприимчивость алгоритма к посторонним данным, они просто отбрасываются на этапе поиска шаблонов. Для увеличения точности распознавания можно рассматривать большее количество различных битовых карт и их сочетаний, а также учитывать возможность человеческих ошибок в структуре таблицы.

Литература

1. Полевой Д.В. Разработка моделей, методов и средств обработки табличных документов в информационных системах: диссерт. канд. техн. наук. – М., 2007. – 130 с.
2. Cunha J., Saraiva J., Visser J. Discovery-based Edit Assistance for Spreadsheets / In proceedings of 2009 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing. – 2009. – P. 233–237.
3. ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам. – Введен 01.07.1996. – Минск: Стандартинформ, 2007. – 30 с.
4. Иванов Ю.Н., Емельянов Н.Е., Сотникова Р.А. Документы: типы, описания Препринт. – М.: ВНИИСИ, 1987. – 62 с.
5. Титова И.А. Табличные информационные модели [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.myshared.ru/slide/223652/>, своб.



Уварова Наталья Витальевна

Год рождения: 1991

Естественнонаучный факультет, кафедра экологического приборостроения и мониторинга, группа № 6713

Направление подготовки: 280700 – Техносферная безопасность

e-mail: brain4chew@gmail.com

УДК 544.023.523:53.088+544.164.032.4

РАЗРАБОТКА СТАНДАРТНОГО ОБРАЗЦА СЧЕТНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЧАСТИЦ В МАСЛЕ

Н.В. Уварова

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ю.А. Кустиков

В промышленном производстве, в научных исследованиях, в медицинских и биологических экспериментах требуется измерять счетную концентрацию гетерогенных включений в жидкость, представляющих собой, с учетом агрегатного состояния дисперсной фазы, эмульсии либо суспензии. Часто приходится ограничиваться ничтожно малыми объемами пробы. Для измерения мелких

гетерогенных включений в жидкости разработаны и широко применяются разнообразные счетчики частиц.

Потребитель измерительной информации хочет знать, сколько и какого размера частицы присутствуют в исследуемом объекте.

В промышленности и на транспорте твердые частицы в гидравлических системах представляют очень большую опасность, так как они могут нарушать работу механизмов включения и выключения потоков, поддержания давления в исполнительных и управляющих механизмах. Работа гидравлических систем при высоких давлениях требует, чтобы в составе рабочих тел не было бы механических примесей, способных нарушить герметичность системы в целом и отдельных ее частей. Чаще всего гидравлические системы машин различного назначения в качестве рабочего тела используют минеральные масла, которые существенно изменяют свои характеристики в процессе работы.

В технологических процессах, связанных с промывкой изделий, также недопустимо присутствие твердых частиц в промывочной жидкости.

В медицинских исследованиях с помощью счетчиков частиц определяют количество форменных элементов крови.

Всегда у потребителя возникает вопрос: как точно счетчик частиц классифицирует частицы по размерам, и как точно он считает их количество в единице объема жидкости.

Практически на все виды используемых в производстве жидкостей разработан либо стандарт, либо рекомендации по применению. В документах на готовую к применению рабочую жидкость оговаривается класс чистоты жидкости. Существуют стандарты на чистоту жидкости, в которых указаны допустимые значения счетной концентрации механических частиц [1].

Проблема передачи единицы счетной концентрации частиц в жидкости достаточно давно вызывает интерес. Широкое развитие автоматических счетчиков частиц в жидкости заставило задуматься над способами их калибровки. В итоге появился ГОСТ Р 54012–2010 / ISO/TR 16144:2002. «Калибровка автоматических счетчиков частиц в жидкости. Методики, используемые для аттестации стандартных образцов сравнения SRM 2806», в котором описана чрезвычайно сложная, доступная только таким технологически вооруженным организациям как NIST (Национальный институт стандартов и технологий США) методика приготовления стандартного образца с заданными параметрами дисперсности и счетной концентрации.

В данной работе была решена задача разработки стандартного образца счетной концентрации частиц в масле на базе отечественных материалов и с применением доступных средств измерения.

В ходе самой работы был проведен анализ нормативных документов, устанавливающих требования к чистоте жидкости, изучены средства измерений, предназначенные для определения счетной концентрации частиц в жидкости.

В качестве примера был выбран зарубежный образец, разработанный NIST – SRM (Standard Reference Material) 2806a MTD (Medium Test Dust) in Hydraulic Fluid, который представляет собой суспензию среднедисперсной тестовой пыли в гидравлической жидкости с известным распределением частиц по размерам. Данный образец предназначен для первичной калибровки автоматических счетчиков частиц в жидкости [2].

Были изучены требования к дисперсионной среде и дисперсной фазе стандартного образца. В результате исследований было установлено следующие требования к частицам дисперсной фазы:

- вещество частиц должно быть инертным по отношению к дисперсионной среде;
- частицы не должны изменять форму и размеры за счет присоединения молекул дисперсионной среды;
- процессы коагуляции не должны приводить к образованию плохо разрушаемых агрегатов;
- частицы дисперсной фазы должны обладать достаточной механической прочностью;
- оптические свойства частиц должны быть подобраны так, чтобы на всех автоматических счетчиках частиц они давали хорошо коррелирующие между собой результаты.

По итогам исследований был разработан примерный алгоритм методики приготовления стандартного образца, включающий в себя несколько этапов:

1. произвести выбор материала частицы дисперсной фазы;
2. произвести выбор порошка с требуемым распределением частиц по размерам;
3. создать дисперсную фазу;
4. создать дисперсионную среду;
5. сформировать стандартный образец;
6. произвести контроль параметров автоматическим счетчиком частиц в жидкости;
7. упаковать образец и заполнить документы.

По результатам исследований выбран отечественный материал для использования в качестве дисперсной фазы (доломит марки ДМ-20-0,10) и дисперсионной среды (индустриальное масло И-20).

Были проведены исследования, по результатам которых выбрали оптимальный материал для проведения фильтрации, с целью получения чистого масла (мембранные фильтры «Nitrocellulose membrane», с размерами пор 0,8 мкм ААWР, фирмы Merck Millipore Ltd.). Установлена необходимость в фильтрации не менее двух раз.

Проведены экспериментальные исследования, по итогам которых было установлено, что оптимальной массовой концентрацией доломита в масле является 28 мг/дм³, так как данное значение концентрации позволяет контролировать погрешность измерений автоматических счетчиков частиц во всем рабочем диапазоне.

Разработан алгоритм методики приготовления стандартного образца счетной концентрации частиц в масле, включающий в себя процессы фильтрации, гомогенизации и дегазации пробы (рис. 1).

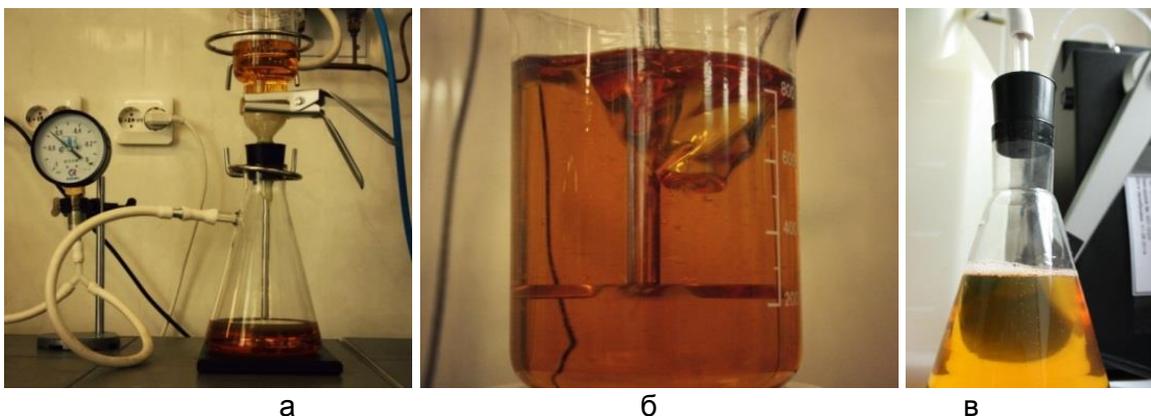


Рис. 1. Фильтрация исходного масла (а); гомогенизация пробы (перемешивание) (б); дегазация пробы (в)

Далее был проведен контроль параметров стандартного образца при помощи автоматического счетчика частиц в жидкости Pamas модели S-40 (рис. 2).



Рис. 2. Контроль параметров счетчиком Pamas модели S-40

Готовый образец был проконтролирован на однородность после приготовления и на стабильность в течение 6 месяцев. По результатам однородности было поставлено, что процесс гомогенизации прошел успешно и частицы загрязнителя равномерно распределились по всему образцу. По результатам стабильности был получен результат, что образец сохраняет свои метрологические свойства в течение 6 месяцев, и возможно сделать прогноз на 1 год стабильности образца.

Разработана документация на стандартный образец в соответствии с требованиями государственных стандартов.

В итоге проделанной работы был разработан стандартный образец счетной концентрации частиц в масле, предназначенный для калибровки и поверки счетчиков частиц в масле в диапазоне счетной концентрации от 50 до $2 \cdot 10^4 \text{ см}^{-3}$. Стандартный образец сохраняет свои метрологические характеристики на протяжении 6 месяцев.

Литература

1. ГОСТ 17216-2001. Чистота промышленная. Классы чистоты жидкостей. – Введен 01.01.2003. – Минск: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 12 с.
2. ISO 12103-1:1997. Транспорт дорожный. Испытательная пыль для оценки фильтра. Часть 1. Испытательная пыль пустынь Аризоны. – Введен 11.12.1997. – 9 с.



Фарашиани Махди Алиакбар

Год рождения: 1983

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6111

Направление подготовки: 230100 – Информатика

и вычислительная техника

e-mail: faramahd@hotmail.com

УДК 004.942

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕТИ КОМПАНИИ «FARASHIAN»

М.А. Фарашиани

Научный руководитель – к.т.н., доцент Л.А. Муравьева-Витковская

С момента появления первого компьютера до сегодняшнего дня, благодаря его широкой возможности, область использования развивается, к тому же, в данный момент редко можно встретить организацию без компьютерных технологий. Особенно после появления компьютеров – способность передачи данных между компьютерами.

Сегодня компьютер является неразделимой частью любых областей деятельности, таких как искусство, наука, медицина и т.д.

Компьютерная сеть решает задачи, которые без ее помощи было бы очень сложно (и во многих случаях было бы невозможно) решать. Например, сотрудники могут посылать данные друг другу (в довольно большом расстоянии друг от друга) не выходя из своего кабинета.

В строительной компании «Farashian» установлена компьютерная сеть, которая дает возможность около 70 сотрудникам контактировать друг с другом и отправлять данные между собой, а также построена общая база данных, откуда могут все сотрудники загрузить нужную информацию.

Актуальность работы заключалась в том, что на основе анализа структурных, функциональных и нагрузочных параметров компьютерной сети компании «Farashian» оценена эффективность ее функционирования. Рассмотрены различные способы изменения параметров, и выбирается наилучший вариант структурно-функциональной организации сети компании «Farashian» в соответствии с выбранным критерием эффективности.

Объект исследования – компьютерная сеть компании «Farashian» с передачей неоднородного трафика между узлами, состоящая из нескольких подсетей дочерних компаний.

Предмет исследования – процессы обработки и передачи данных, глобальные и локальные характеристики сети, такие как время ожидания передачи данных в узлах сети, время пребывания данных в различных узлах, устройствах или подсистемах и время доставки сообщений.

Целью работы являлись: анализ состояния научно-технической проблемы, формулирование технического задания, постановка цели и задач исследования объекта на основе подбора и изучения литературных источников; анализ, систематизация и обобщение научно-технической информации по теме диссертации; анализ научной и практической значимости проводимых исследований.

Указанная цель достигается решением следующих задач.

1. Анализ влияния структурно-функциональных параметров на эффективность функционирования компьютерной сети компании «Farashian».
2. Разработка концептуальной и математической модели компьютерной сети компании «Farashian».
3. Применение аналитических, численных и имитационных методов для оценки характеристик функционирования компьютерной сети компании «Farashian».
4. Построение имитационных моделей компьютерной сети компании «Farashian» в среде AnyLogic и GNS-3 с последующим анализом полученных результатов.

Методы исследования базируются на аппарате теории вероятностей, теории массового обслуживания, теории случайных процессов, методах численного анализа и имитационного моделирования.

Научная новизна работы заключается в развитии, применении и усовершенствовании методов модификации компьютерной сети компании «Farashian» с целью повышения эффективности ее функционирования за счет изменения структурно-функциональных параметров при минимальных затратах на проектирование, позволяющих получить значительное увеличение производительности и надежности сети.

Практическая ценность работы заключается в следующем.

1. Построена концептуальная модель для анализа эффективности функционирования компьютерной сети компании «Farashian».

2. Разработан комплекс аналитико-имитационных моделей исследования процессов функционирования мультисервисных компьютерных сетей с приоритетным управлением потоками данных. Имитационные модели реализованы в среде AnyLogic и GNS-3.

Параметры компьютерной сети компании «Farashian» можно разделить на три группы [1, 2]:

1. структурные параметры, описывающие состав и структуру сети;
2. функциональные параметры, описывающие стратегию управления передачей данных в компьютерной сети и стратегию управления обработкой данных в узлах;
3. нагрузочные параметры, описывающие взаимодействие сети с внешней средой, т.е. нагрузку, создаваемую в сети решаемыми прикладными задачами и передаваемыми в вычислительной сети данными [3].

В качестве структурных параметров компьютерной сети компании «Farashian» используются: количество узлов, и их взаимосвязь т.е. топология сети; типы узлов и количество оборудования; технические данные.

Многообразие типов компьютерных сетей обуславливает многообразие топологий, обеспечивающих выполнение заданных требований к качеству их функционирования. В современных компьютерных сетях наибольшее распространение получили следующие топологии: общая шина (ОШ); дерево; звезда; кольцо; полносвязная; многосвязная; смешанная [4].

В компании «Farashian» используется физическая топология дерево. Топологию дерево можно рассматривать как объединение нескольких звезд. В этой топологии существует только один путь для передачи данных между двумя любыми узлами. Для сравнения разных топологий существуют несколько важнейших показателей, такие как простота, стоимость, надежность, производительность, время доставки сообщений. С точки зрения простоты и стоимости, топология дерево превосходит топологии кольцо, полносвязную, многосвязную и смешанную, но является хуже, чем ОШ. С точки зрения надежности и производительности топология дерево хуже, чем остальные рассмотренные топологии (кроме ОШ). Время доставки пакетов в топологии дерево меньше, чем топологии кольцо, но больше, чем другие топологии.

К функциональным параметрам компьютерной сети компании «Farashian» относятся:

- способ коммутации;
- метод доступа к каналу связи; алгоритм выбора маршрута передачи данных в сети; распределение прикладных задач по узлам сети; режим функционирования КС;
- последовательность выполнения прикладных задач в КС; приоритеты задач и т.д. [5].

Существуют два основных типа коммутации – коммутация каналов и коммутация пакетов. Исторически коммутация каналов появилась намного раньше коммутации пакетов и ведет свое происхождение от первых телефонных сетей. Невозможность динамического перераспределения пропускной способности физического канала является принципиальным ограничением сети с коммутацией каналов. В компьютерной сети компании «Farashian» используется метод коммутации пакетов. При коммутации пакетов учитываются особенности компьютерного трафика, поэтому данный способ коммутации является более эффективным для компьютерной сети данной компании. Наличие буферной памяти в коммутаторах пакетных сетей позволяет эффективно использовать пропускную

способность каналов при передаче пульсирующего трафика, но приводит к случайным задержкам в доставке пакетов, что является недостатком для трафика реального времени [6].

В компьютерной сети компании «Farashian» существуют два уровня определения маршрутизации передачи данных:

1. на первом этапе определяется на основе MAC-адреса в коммутаторе второго уровня;
2. на втором этапе – в коммутаторе третьего уровня на основе IP-адреса. На коммутаторе третьего уровня все маршруты в таблице маршрутизации указывается статический (таблица).

На коммутаторе второго уровня используется метод фильтрации на основе MAC-адресов.

Таблица. Список ARP в коммутатор 3 уровня

| Устройства | Иден. устройства | Ip-адрес | Маска подсети |
|------------------------|------------------|-------------------|---------------|
| Коммутатор 3-го уровня | T1-J1 | F 0/1 192.168.0.1 | 255.255.255.0 |
| | | F0/2 192.168.1.1 | |
| | | F 0/3 192.168.2.1 | |
| | | F 0/4 192.168.3.1 | |
| | | F 0/5 192.168.4.1 | |
| | | F 0/6 192.168.5.1 | |
| | | F 0/7 192.168.6.1 | |

Серверы – это аппаратно-программные комплексы, которые исполняют функции управления распределением сетевых ресурсов общего доступа.

Рабочие станции – это компьютеры, осуществляющие доступ к сетевым ресурсам, предоставляемым сервером.

Сетевое оборудование – устройства, необходимые для работы компьютерной сети (маршрутизатор, коммутатор).

Физическая среда передачи данных (сетевой кабель) – витая пара [7].

На сервере и на рабочей станции в качестве операционной системе используется Win-2008 и Windows 7. В системе применяются разные прикладные программы, такие как: Microsoft Office, AutoCAD, Holo 7.0, и т.д.

Прикладные программы на разных рабочих станциях, в зависимости от функций которые они выполняют, имеют разные уровни приоритетов.

В качестве нагрузочных параметров компьютерных сетей могут использоваться: число типов потоков данных (аудио, видео, компьютерные данные); интенсивность поступления сообщений (пакетов, кадров) разных типов в сеть или к отдельным ресурсам (узлам и каналам связи); длина передаваемых по сети блоков данных (пакетов, кадров); число типов прикладных задач; ресурсоемкость каждой задачи и т.д. [8].

Компьютерная сеть компании «Farashian» является мультисервисной сетью, и она обеспечивает сосуществование и взаимодействие разнородных коммуникационных систем – голосовых данных, видеоизображения и трафика данных (data/ voice/ video) – с использованием одной и той же инфраструктуры [9].

Так как данная сеть работает на основе технологии Ethernet, кадры имеют размер от 64 до 1518 Б и поток заявок является неординарным и нестационарным. Поток заявок в этой сети проходит без последствия, потому что, заявки поступают независимо друг от друга. Таким образом, момент поступления очередной заявки не зависит от того, когда и сколько заявок поступило до этого момента [3].

Создана концептуальная модель компьютерной сети компании «Farashian», с помощью алгоритма. Показан путь заявки от отправителя до получателя и процесс обработки данных на компьютере и коммутаторе.

Разработана математическая модель и определены нагрузочные параметры, такие как коэффициент передачи, количество систем массового обслуживания и интенсивность поступления пакетов. Показано влияние дисциплины обслуживания на эффективность функционирования сети. Просчитана сумма на расходы реализации данной сети.

Реализована компьютерная сеть компании «Farashian» в средах имитационного моделирования AnyLogic, Cisco Packet Tracer и GNS3 с целью анализа эффективности производительности и надежности.

На основании проведенных исследований предложено модифицировать компьютерную сеть компании «Farashian», в результате чего увеличилась производительность сети больше чем в два раза (227%), при этом стоимость возросла всего лишь на 13,8%.

Литература

1. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.
2. Aliev T.I., Muravyeva-Vitkovskaya L.A. Prioritetnye strategii upravleniya trafikom v multiservisnykh komp'yuternykh setyakh [Priority-based strategies of traffic management in multiservice computer networks] // Izv. vuzov. Priborostroenie. – 2011. – V. 54. – № 6. – P. 44–48.
3. Aliev T.I. Zadacha sinteza system s poteryami [Problems of synthesis of systems with losses] // Izv. vuzov. Priborostroenie. – 2012. – V. 55. – № 10. – P. 57–63.
4. Aliev T.I. Approksimatsiya veroyatnostnykh raspredelenii v modelyakh massovogo obsluzhivaniya [Approximation of probability distributions in queueing models] // Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics. – 2013. – № 2(84). – P. 88–93.
5. Муравьева-Витковская Л.А. Метод расчета характеристик замкнутых детерминированных моделей мультисервисных компьютерных сетей // Изв. вузов. Приборостроение. – 2014. – Т. 57. – № 4. – С. 35–39.
6. Калинин И.В., Муравьева-Витковская Л.А. Подход к созданию моделей маршрутизаторов распределенных информационных систем // Труды ВМПИ. – 2015. – № 1. – С. 31–35.
7. Муравьева-Витковская Л.А., Оралканова Ж.О., Фарашиани М.А., Хомич А.В. Анализ влияния протоколов третьего уровня OSI модели на эффективность функционирования мультисервисной компьютерной сети // Национальная ассоциация ученых. – 2015. – С. 73–75.
8. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://life-prog.ru/1_496_parametri-kompyuternih-setey.html, своб.
9. Фарашиани М.А., Муравьева-Витковская Л.А., Калинин И.В. Анализ влияния нагрузочных параметров на качество функционирования мультисервисной

компьютерной сети // Ежемесячный научный журнал «Prospero». – 2015. – № 2(14). – С. 9–12.



Цесь Юлия Владимировна

Год рождения: 1992

Естественнаучный факультет, кафедра экологии и техносферной безопасности, группа № 6713

Направление подготовки: 280700 – Техносферная безопасность

e-mail: julchik-ces@rambler.ru

УДК 53.089.68, 543.08

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ
ТАБАЧНОЙ ПЫЛИ В ОРГАНИЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКАХ ВЫБРОСОВ
ПРЕДПРИЯТИЙ ТАБАЧНОЙ ОТРАСЛИ**

Ю.В. Цесь

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ю.А. Кустиков

Охрана окружающей среды, и в том числе воздушной среды, признана в настоящее время одной из главных государственных задач. Согласно № 7-ФЗ от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды», «хозяйственная и иная деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, юридических и физических лиц, оказывающая воздействие на окружающую среду, должна осуществляться на основе следующих принципов [1]:

- обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека;
- охрана, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов как необходимые условия обеспечения благоприятной окружающей среды и экологической безопасности». Однако в настоящее время число технологических процессов, связанных с приготовлением, применением и переработкой пылящих сыпучих материалов непрерывно возрастает. Пыль стала одной из наиболее распространенных вредных примесей как в атмосферном воздухе, так и в воздушной среде производственных помещений.

Объектом исследования данной работы являлись промышленные выбросы, в частности, взвешенные вещества табачных предприятий.

Цель работы заключалась в разработке методики измерений массовой концентрации табачной пыли анализатором FW-102 в выбросах табачных производств.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. изучение нормативных документов, регламентирующих контроль промышленных выбросов;
2. анализ аппаратуры, применяемой для контроля взвешенных частиц в промышленных выбросах;
3. исследование метрологических характеристик (МХ) анализатора пыли на испытательном стенде и реальном объекте;
4. разработка обобщенного алгоритма методики измерения массовой концентрации табачной пыли в выбросах табачных производств;

5. разработка текстового документа методики измерения массовой концентрации табачной пыли в источниках выбросов табачных предприятий с помощью анализатора FW-102.

Для контроля пылегазовых выбросов в промышленных условиях применяют следующие методы:

1. гравиметрический;
2. оптический;
3. трибоэлектрический;
4. электродинамический [2, 3].

В ходе работы был проведен сравнительный анализ аппаратуры, применяемой для контроля содержания взвешенных веществ в выбросах промышленных предприятий. Для исследований был выбран анализатор табачной пыли FW-102, так как он обладает наименьшей стоимостью из проанализированных. Также требовалось оценить его возможности [4].

Основные этапы разработки методики измерений включают в себя:

1. выбор аппаратуры;
2. проведение исследований МХ аппаратуры применительно к реальному объекту – табачной пыли:
 - стендовые исследования МХ;
 - исследования МХ на реальном источнике выбросов;
3. разработка алгоритма методики и подготовка текстового документа методики измерений массовой концентрации табачной пыли.

Стендовые исследования проводились на базе ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева».

Цель исследований – оценка возможности использования анализатора FW102 для измерения массовой концентрации аэрозоля в диапазоне $0,2-3 \text{ мг/м}^3$, соответствующем значениям концентрации табачной пыли в источниках выбросов предприятия ЗАО «Лигgett-Дукат».

Исследование МХ анализатора включало в себя следующие этапы:

1. экспериментальное исследование погрешности результата измерения массовой концентрации при стабильном дисперсном составе аэрозоля;
2. оценка влияния дисперсного состава аэрозоля на показания анализатора FW102;
3. влияние угла поворота датчика анализатора относительно оси трубопровода на показания анализатора;
4. оценка погрешности результата измерения массовой концентрации аэрозоля анализатором FW102.

Для проведения исследований была собрана экспериментальная установка, структурная схема которой приведена на рисунке.

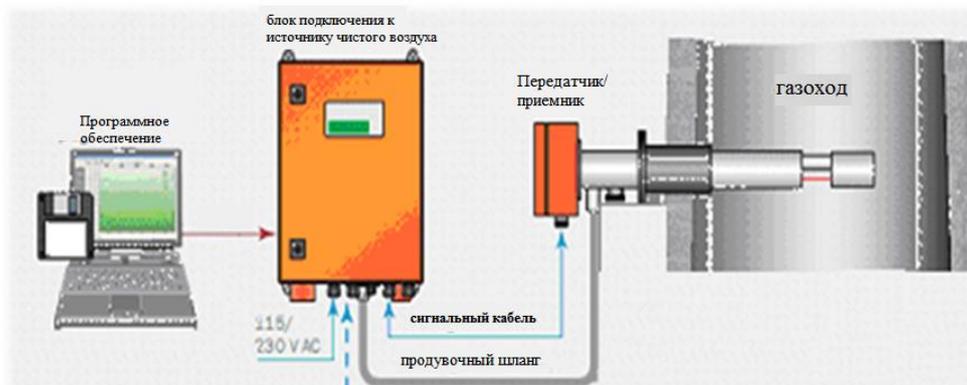


Рисунок. Подключение устройства к газоходу

По данным, полученным в процессе исследования можно сделать следующие выводы:

1. представленный на испытания анализатор FW102 может использоваться для контроля выбросов при постоянном дисперсном составе пыли;
2. обязательно проведение градуировки прибора и периодического контроля на источнике выбросов гравиметрическим методом или его аналогом, например, радиоизотопным анализатором массовой концентрации типа ДАСТ-1-Э с погрешностью 10–12%;
3. нижний предел измерения анализатора FW102 в лабораторных условиях при постоянном дисперсном составе пыли находится в пределах 0,7–1,0 мг/м³. Относительная погрешность измерения 20%;
4. при исследовании МХ анализатора FW102 на реальном источнике выбросов ЗАО «Лиггетт-Дукат», следует выбирать источник, в котором среднее значение массовой концентрации табачной пыли не менее 0,7 мг/м³. Диаметр газохода не должен превышать 0,4 м.

Цель исследований МХ на реальном объекте – исследование МХ устройства для измерения пыли FW SE 102 1" NL180 (далее – анализатор) фирмы Sick Maihak (Германия) на реальном источнике выбросов предприятия ЗАО «Лиггетт-Дукат».

Программа исследований МХ на реальном объекте включала в себя:

- определение параметров пылегазового потока в источнике выбросов: скорость, расход, температура, давление, влажность;
- отработка методики отбора проб пыли, применительно к конкретному источнику выбросов;
- градуировка анализатора FW 102, установленного на источнике выбросов, с использованием референтной методики выполнения измерений (МВИ) или референтного средства измерений массовой концентрации взвешенных частиц (пыли);
- сравнительные измерения массовой концентрации пыли в пылегазовом потоке источника выбросов с использованием анализатора FW 102 и референтной МВИ или референтного средства измерения массовой концентрации пыли;
- оценка постоянства дисперсного состава пыли в пылегазовом потоке источника выбросов;
- определение МХ анализатора FW 102 при эксплуатации на реальном источнике выбросов (выполняется ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»).

По данным, полученным в процессе исследования, можно сделать следующие выводы:

1. анализатор FW 102 может быть использован для контроля концентрации табачной пыли за рукавными фильтрами сигаретного цеха в газоходе;
2. для правильной эксплуатации анализатора на источнике выбросов и получения достоверных результатов измерений массовой концентрации табачной пыли (погрешность не должна превышать 20%), необходимо:
 - провести градуировку анализатора на табачной пыли;
 - оценить погрешность измерений массовой концентрации табачной пыли анализатором;
 - для определения массовой концентрации пыли использовать средства измерений с погрешностью 10–12%.

В процессе работы были изучены нормативные документы, регламентирующие контроль промышленных выбросов на территории Российской

Федерации, а также нормативные документы, регламентирующие контроль промышленных выбросов на территории Евросоюза.

Изучена аппаратура для контроля содержания взвешенных частиц в промышленных выбросах, проведен сравнительный анализ и осуществлен выбор анализатора пыли.

Проведены исследования МХ анализатора на испытательном стенде и реальном объекте, проведен анализ полученных результатов исследований.

Сформулированы требования и исходные данные для разработки методики измерений. Разработан обобщенный алгоритм методики измерений в соответствии с ГОСТ Р 8.563-96, разработан текстовый документ методики измерения массовой концентрации табачной пыли в источниках выбросов табачных предприятий с помощью анализатора FW-102 [5].

Литература

1. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ (Принят ГД ФС РФ 20.12.2001) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/popular/okrsred/>, своб.
2. Швыдкий В.С. Очистка газов, справочное издание. – М.: Машиностроение, 2001. – 501 с.
3. Грин Х. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы. – М.: Книга по Требованиям, 2012. – 214 с.
4. Коузов П.А., Мальгин А.Д., Скрябин Г.М. Очистка газов и воздуха от пыли в химической промышленности. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб: Химия, 1993. – 320 с.
5. ГОСТ Р 8.563-96. Методики выполнения измерений. – Введен 01.07.1997. – М.: Стандартинформ, 2008. – 26 с.

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



Андряков Юрий Андреевич

Год рождения: 1991

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра информационно-навигационных систем, группа № 6163

Направление подготовки: 161100 – Системы управления движением
и навигация

e-mail: andryakov.ya@yandex.ru

УДК 004

**РАЗРАБОТКА АНАЛОГОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ МИКРОСХЕМЫ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ «ЕМКОСТЬ-НАПРЯЖЕНИЕ»
ДЛЯ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ**

Ю.А. Андряков

Научный руководитель – к.т.н. Я.В. Беляев

За последние полвека произошел резкий скачок в развитии полупроводниковых технологий. Основной тенденцией развития в этой области стала миниатюризация. Рядом компаний, занимающихся разработкой и изготовлением интегральных схем, уже освоен процесс изготовления с технормой 14 нм [1].

В тоже время достижения полупроводниковой промышленности привели к миниатюризации различных датчиков, или, в более широком смысле, различных механических компонентов, которые могут быть объединены с электроникой, чтобы сформировать то, что известно, как микроэлектромеханические системы (МЭМС).

В различных микромеханических датчиках (ММД) решается задача измерения положения чувствительным элементом. Например, в инерциальных датчиках и датчиках давления. Это необходимо для съема информации об измеряемой ММД величине (ускорение, давление, угловая скорость). Емкостные датчики положения являются наиболее широко применяемыми, благодаря невысокой стоимости, широкому диапазону температур, низкому уровню шума, а также низкому энергопотреблению [2]. Обобщенная архитектура инерциальных ММД представлена на рис. 1. Наиболее важным блоком, определяющим технические характеристики системы является преобразователь «емкость-напряжение» (ПЕН).

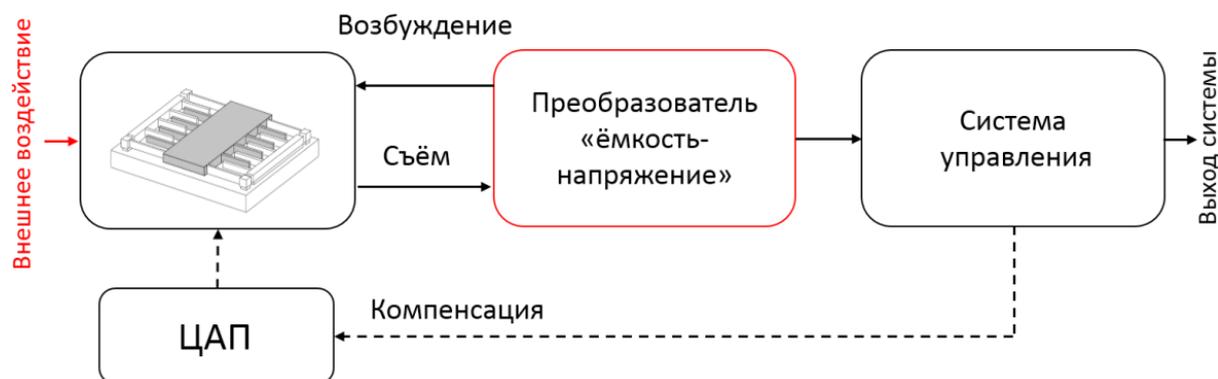


Рис. 1. Обобщенная архитектура ММД

В работе рассмотрены вопросы разработки ПЕН для ММД с дифференциальной емкостной структурой, конструкция которой представлена на рис. 2. Зависимость дифференциальной емкости от положения может быть описана выражением:

$$\Delta C = C_{DP} - C_{DN} = 2C_0 \frac{\pm x/x_0}{1-(x/x_0)^2} \approx \pm 2C_0 \frac{x}{x_0}.$$

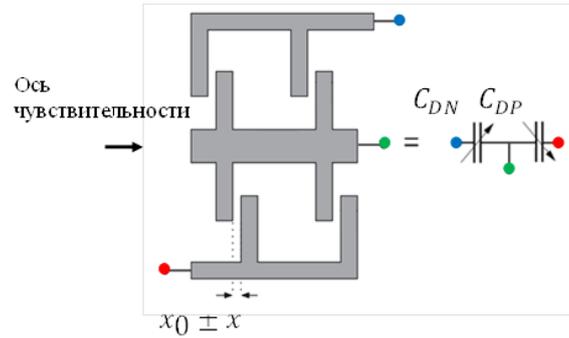


Рис. 2. Конструкция дифференциального емкостного датчика положения

Была выбрана архитектура дифференциального съема непрерывного типа, представленная на рис. 3. Выбор архитектуры непрерывного типа обоснован тем, что в подобных архитектурах имеют место более низкие ограничения по частотам со стороны технологического процесса [3].

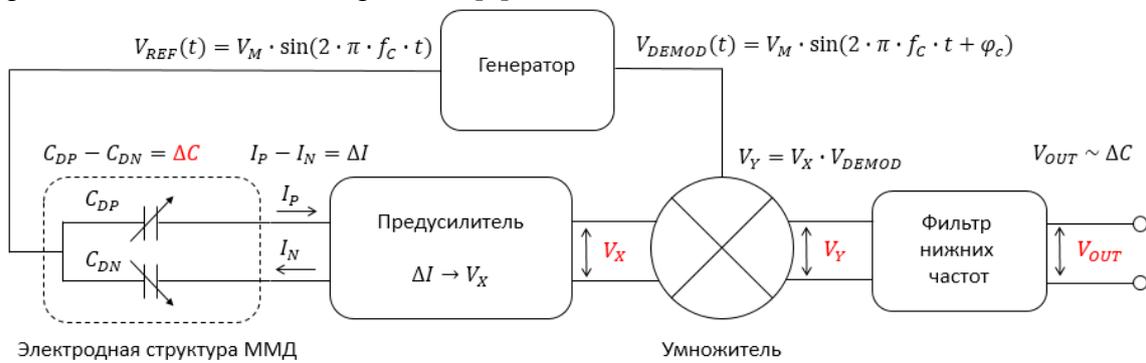


Рис. 3. Архитектура преобразователя «емкость-напряжение»

Основным блоком является предусилитель, выполненный в виде трансимпедансного усилителя, построенного на полностью дифференциальном операционном усилителе (ОУ). Для выделения полезной составляющей применяется демодулятор, состоящий из умножителя и фильтра нижних частот, при этом к демодулятору также подключается дополнительный сигнал, получаемый от генератора, смещенный по фазе относительно основного сигнала.

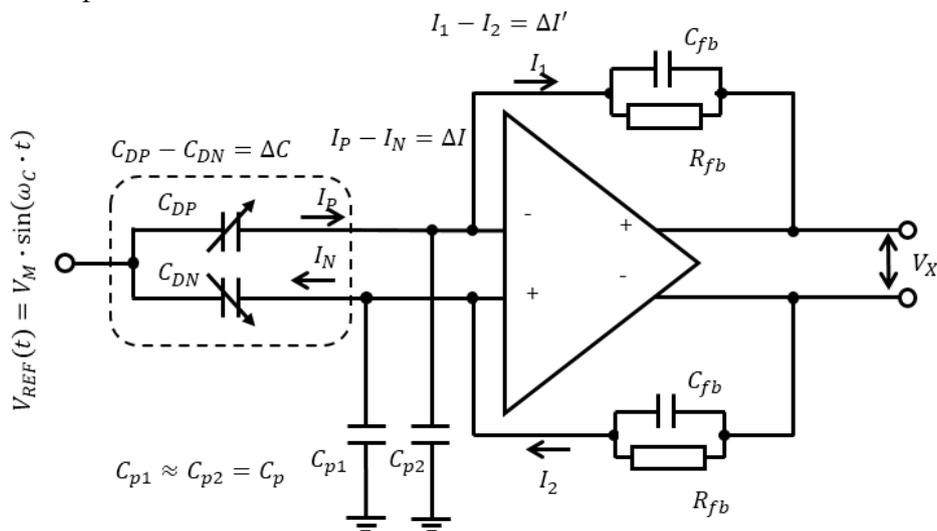


Рис. 4. Трансимпедансный усилитель

Основной задачей блока предусилителя является преобразование разницы емкостей двух датчиков положения, включенных дифференциально, в напряжение. При

подаче сигнала возбуждения на емкостные датчики положения через них протекает ток, который может быть аналитически описан следующим выражением

$$I_P \approx C_{DP}(t)\omega V_M \cos(\omega t), I_N \approx C_{DN}(t)\omega V_M \cos(\omega t),$$

где V_M и ω – амплитуда и частота используемого для возбуждения емкостного датчика сигнала.

Амплитуды токов в выражении пропорциональны емкостям датчиков положения. Для дальнейшей обработки выходные токи должны быть преобразованы в напряжения для формирования дифференциального сигнала. С этой целью применяется трансимпедансный усилитель, схема которого показана на рис. 4.

Передаточная функция предусилителя по разнице токов в плечах датчика может быть описана, как:

$$\frac{V_X(s)}{\Delta I(s)} = -\frac{2R_{fb}}{1 + sR_{fb}C_{fb}} \frac{sR_{fb}(C_{fb} + C_p)}{1 + sR_{fb}(C_{fb} + C_p + C_0)}$$

Отсюда получаем чувствительность предусилителя.

$$\frac{|V_X(\omega_C)|}{|\Delta C|} = \frac{|V_X(\omega_C)|}{|\Delta I(\omega_C)|} \omega_C V_M,$$

где $|V_X(\omega_C)|$ – амплитуда выходного сигнала на несущей частоте. Информация о полярности изменения дифференциальной емкости содержится в фазе выходного сигнала, что повышает требования к демодулятору. Для достижения заданных требований были выбраны следующие параметры схемы: $C_{fb} = 0,2$ пкФ, $R_{fb} = 10$ МОм, $f_C = 500$ кГц.

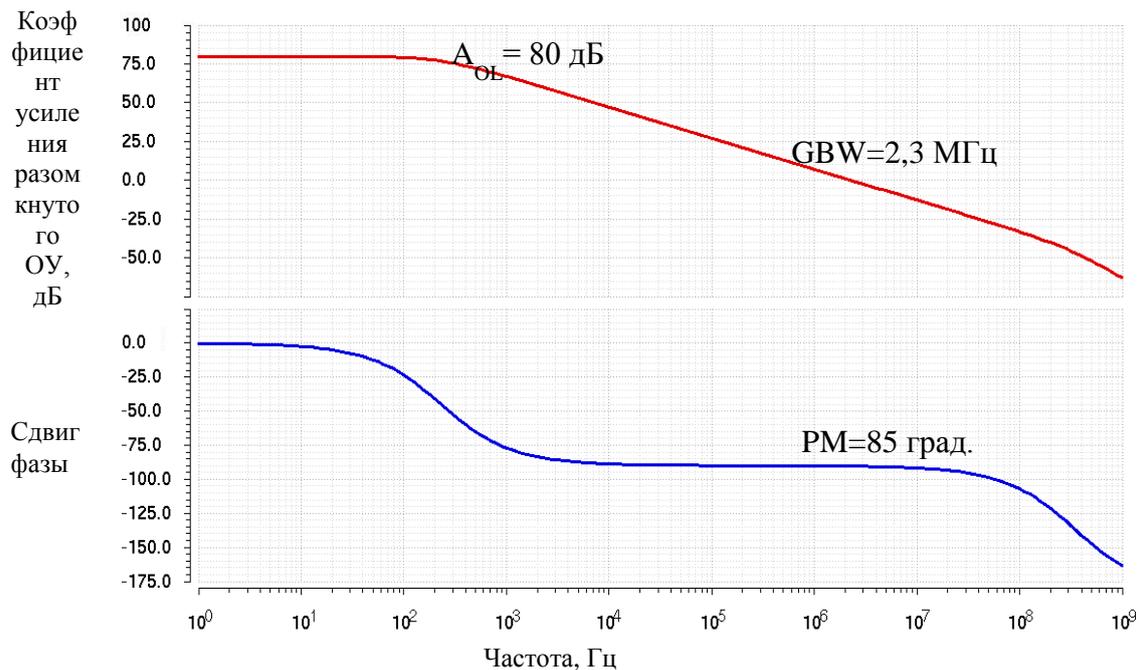


Рис. 5. ЛАЧХ и ЛФЧХ полностью дифференциального ОУ

Традиционно, разработка аналоговых блоков начинается с расчета схемы с использованием упрощенных уравнений, описывающих поведение компонентов схемы. Уравнения для транзисторов при этом основаны на моделях транзисторов с длинным каналом (длина затвора составляет несколько микрометров или больше). Полученные параметры используются для моделирования и верификации блока. Однако, при использовании PDK фабрики-изготовителя, модели описывают поведение транзисторов на уровне глубокого субмикрона, такие как BSIM3,4 и т.д. В результате результаты моделирования будут резко отличаться от результатов расчета. Последующие итерации

расчета схемы-моделирования значительно увеличивают время разработки аналогового блока. В результате чего не может быть найдено оптимальное решение для расчета параметров аналогового блока [4].

В работе рассмотрен метод, в котором для расчета параметров используются модели транзисторов из PDK фабрики-изготовителя, на примере разработки блока полностью дифференциального ОУ. Для заданных токов и напряжений смещения для каждого транзистора проводится моделирование, при котором варьируются геометрические параметры затвора. Для того чтобы учесть влияние схемы на пороговое напряжение в схему для моделирования включают также все транзисторы, размещенные между истоком тестируемого транзистора и землей для транзисторов с каналом n-типа и между истоком тестируемого транзистора и напряжением питания для транзисторов с каналом p-типа.

Логарифмическая амплитудная частотная характеристика (ЛАЧХ) и логарифмическая фазовая частотная характеристика (ЛФЧХ) разработанного полностью дифференциального ОУ представлены на рис. 5.

В ходе работы были проведено моделирование ПЕН и были получены его основные характеристики. Данные характеристики приведены в таблице.

Таблица. Характеристики преобразователя «емкость-напряжение»

| Характеристика | Значение |
|--|---------------------|
| Чувствительность $\frac{V_{out}}{\Delta C}, \frac{В}{Ф}$ | $1,4 \cdot 10^{12}$ |
| Нелинейность, % | 2 |
| Разброс чувствительности, % | ± 20 |
| Диапазон входного сигнала ΔC_{max} , пкФ | $\pm 0,5$ |
| Смещение нуля V_{off} , В | 0,05 |
| Частота модуляции f_C , Гц | до 10^6 |
| Полоса пропускания $f_{\Delta C}$, Гц | 300 |

Анализ характеристик, приведенных в таблице, показал, что разработанный ПЕН чувствителен к вариации параметров электродной структуры. Следовательно, данная схема не может использоваться без предварительной калибровки и не может быть применена в высокоточных датчиках. Однако полученные в ходе проведения работы схемотехнические и топологические решения для составных аналоговых блоков, а также разработанные методики проектирования аналоговых блоков могут быть использованы при разработке ПЕН с улучшенными техническими характеристиками.

Литература

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hi-news.ru/technology/samsung-prodolzhaet-udivlyat-pokoren-5-nm-texprocess.html>, своб.
2. Saukoski M. System and circuit design for a capacitive MEMS gyroscope. – Doctoral Dissertation. – 2008.
3. Aaltonen L. Integrated interface electronics for capacitive MEMS inertial sensors. – Doctoral Dissertation. – 2010 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/4844/isbn9789526033662.pdf?sequence=1>, своб.
4. Sharma A., Zaman M.F. and Ayazi F. A 104 dB SNDR transimpedance-based CMOS ASIC for tuning fork microgyroscopes // IEEE Custom Integrated Circuits Conf. – 2006. – P. 655–658.



Аскарова Дина Венеровна

Год рождения: 1992

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6111

Направление подготовки: 230100 – Информатика
и вычислительная техника

e-mail: askarovadina92@gmail.com

УДК 004.052.3

МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ СЕТЕЙ С РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ МАРШРУТИЗАТОРОВ

Д.В. Аскарова

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Богатырев

Обеспечение пользователям возможности доступа к разделяемым ресурсам, объединенным в сеть, является главным требованием, предъявляемым к вычислительным сетям. Этот доступ, по возможности, должен быть более качественным. Качество сети определяет множество характеристик, одним из важных является надежность. Вопросы надежности и отказоустойчивости важны при проектировании сетей передачи, используемых в распределенных вычислительных системах из-за сложности системы [1].

Вычислительная сеть отказоустойчивых распределенных систем должна выдерживать, по крайней мере, однократные отказы, что обеспечивается резервированием коммутационных узлов и линий связи [2].

В работе рассмотрена коммуникационная подсистема, реализованная на резервированных маршрутизаторах. Использование возможностей маршрутизаторов осуществлять интеллектуальный выбор пути и фильтрацию пакетов, позволяет уменьшить загрузку сети, сохранить ресурсы и увеличить ее пропускную способность. Маршрутизаторы могут использоваться для повышения надежности доставки данных, так как они способны выбрать для пакетов альтернативный путь, если маршрут становится недоступен или неэффективен.

Актуальность работы заключалась в том, что в настоящее время одной из основных проблем построения вычислительных сетей остается задача работы системы без сбоев и отказов в определенных условиях в течение определенного времени. Актуальность обусловлена тем, что в настоящее время рост сложности систем в значительной мере превышает рост надежности элементов.

Целью работы являлось обеспечение высокоскоростного отказоустойчивого функционирования сетей на основе многопутевой маршрутизации.

Научная новизна исследования заключалась в построении моделей, позволяющих учесть одновременную передачу данных по нескольким маршрутам.

Проведенный анализ был направлен на разрешение технического противоречия как с одной стороны повышению нагрузки в сети, что приводит к увеличению задержек в сети, так с другой стороны к увеличению надежности доставки хотя бы по одному из маршрутов, а также к увеличению вероятности успешной доставки пакетов.

На основе известных автору источников осуществлен анализ вариантов многопутевой маршрутизации и их влияние на надежность и отказоустойчивость сети. Сделан вывод о необходимости резервирования маршрутов. Рассмотрены существующие алгоритмы маршрутизации. Проведен обзор способов повышения

надежности сетей и их отказоустойчивости. Сформулированы задачи, необходимые для проведения анализа.

Подробно описана среда моделирования, разработка имитационной модели сетей с резервированием маршрутов, показана применимость разработанных моделей для проведения анализа вероятности доставки пакетов в сетях с резервированными маршрутами. С помощью имитационного моделирования проведен анализ влияния на вероятность доставки пакетов таких параметров как:

- кратность маршрутов;
- интенсивность поступления пакетов;
- время обработки пакетов на узлах;
- время задержки пакетов в канале;
- вероятность потери пакетов в канале.

С точки зрения отказоустойчивости, многопутевая маршрутизация может обеспечить устойчивость маршрута. Чтобы продемонстрировать это, рассмотрим рис. 1, где от узла S исходят три пути к узлу D . Если узел S посылает один и тот же пакет по всем трем каналам, до тех пор, пока, по крайней мере, хоть по одному из путей узел D не примет пакет. Допустим, что доставка по маршрутам SXD и SYD перервалась, но маршрут SZD все еще в состоянии доставить пакет в узел D . Таким образом, можно обеспечить отказоустойчивость системы в случаях наличия сбоев в маршрутах.

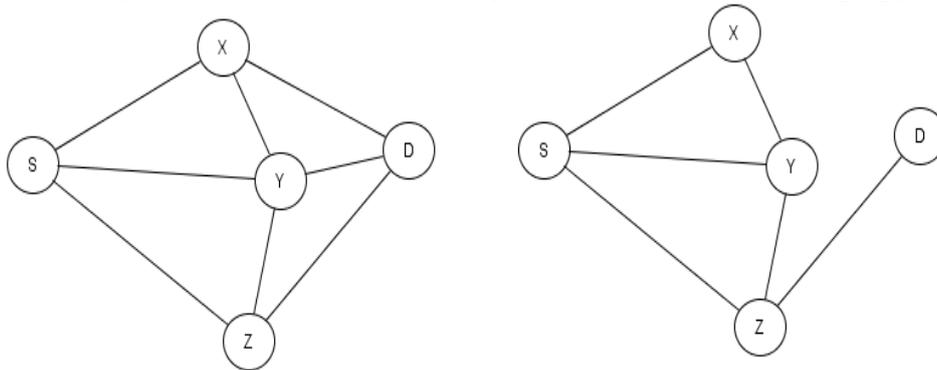


Рис. 1. Источник узел S отправляет один и тот же пакет в узел назначения D по маршрутам SXD , SYD и SZD

Отказоустойчивость: многопутевая маршрутизация может повысить степень отказоустойчивости, имея избыточную информацию, которая направляется адресату по альтернативным путям. Это увеличивает энергетическую нагрузку, но помогает уменьшить вероятность того, что сообщение будет прервано и данные будут потеряны в случае сбоев в каналах. Сложные алгоритмы многопутевой маршрутизации были разработаны, чтобы увеличить степень надежности.

При многопутевой маршрутизации определяется множество возможных путей (два и более) и пакеты передаются по путям из некоторого его подмножества. Процедуры выбора для данного конкретного пакета одного из направлений передачи, принадлежащего множеству возможных маршрутов, могут быть различны.

Исследовать варианты построения сетей, учитывающих возможности отказов маршрутизаторов рассмотрим представленные варианты сетей с резервированием маршрутов, учитывая возможные отказы. На рис. 2 представлены варианты, в которых происходят отказы (выбраны произвольно) модели с топологией 1.

Основной характеристикой потока заявок является его интенсивность λ среднее число заявок, проходящих через некоторую границу за единицу времени. Величина

$$a=1/\lambda \quad (1)$$

определяет средний интервал времени между двумя последовательными заявками [3], из (1) следует, что интенсивность $\lambda=1/a$.

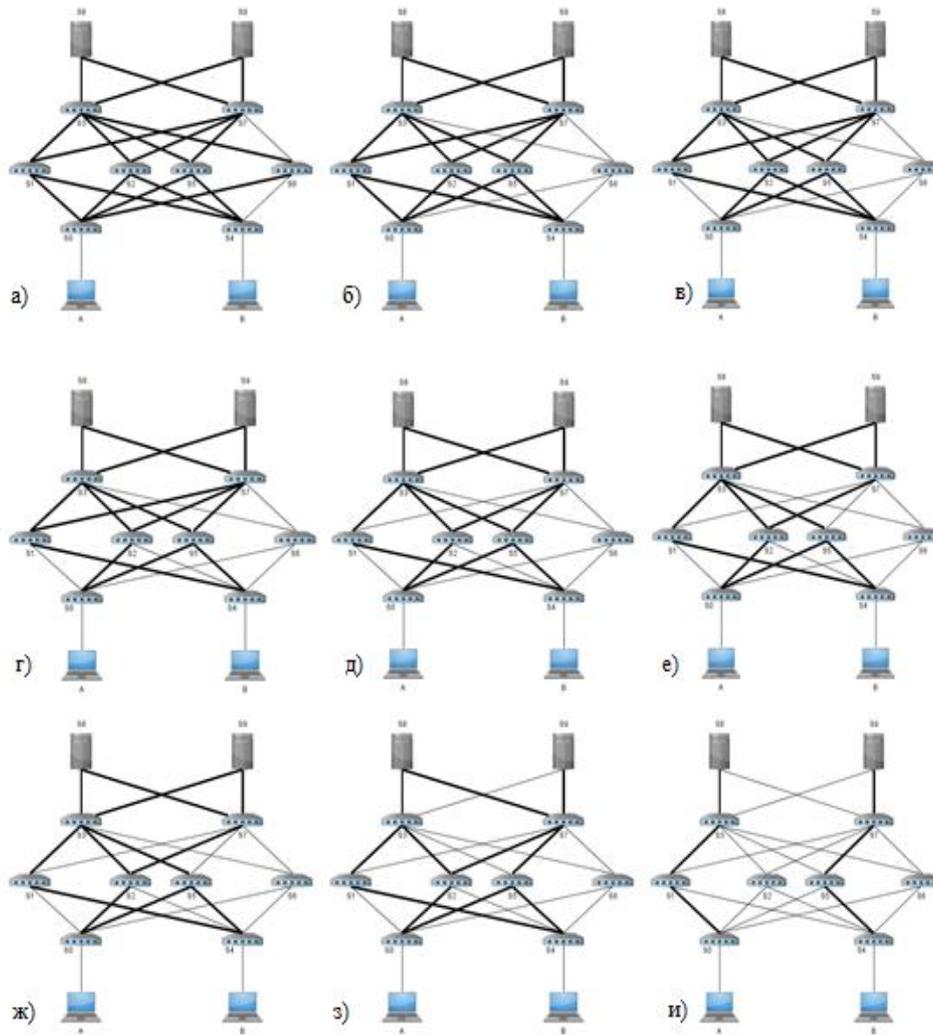


Рис. 2. Варианты сетей с разной кратностью резервирования маршрутов (k): $k = 9$ (а); $k = 8$ (б); $k = 7$ (в); $k = 6$ (г); $k = 5$ (д); $k = 4$ (е); $k = 3$ (ж); $k = 2$ (з); $k = 1$ (и)

Как видно из рис. 3 вероятность доставки пакетов увеличивается с возрастанием кратности резервирования маршрутов.



Рис. 3. График зависимости вероятности доставки пакетов от кратности резервирования маршрутов

При увеличении кратности маршрута значение вероятности доставки пакетов увеличивается, что можно объяснить тем, что при резервировании маршрутов появляются дополнительные маршруты, по которым можно отправлять данные, т.е. если пакет потеряется на одном из путей, то он будет доставлен по другим. При увеличении интенсивности поступления пакетов вероятность доставки пакетов снижается (рис. 4). Например, при увеличении λ больше 100 пакетов в секунду происходит резкое снижение вероятности, так как увеличивается нагрузка на узлах и требуется больше времени для их обработки.

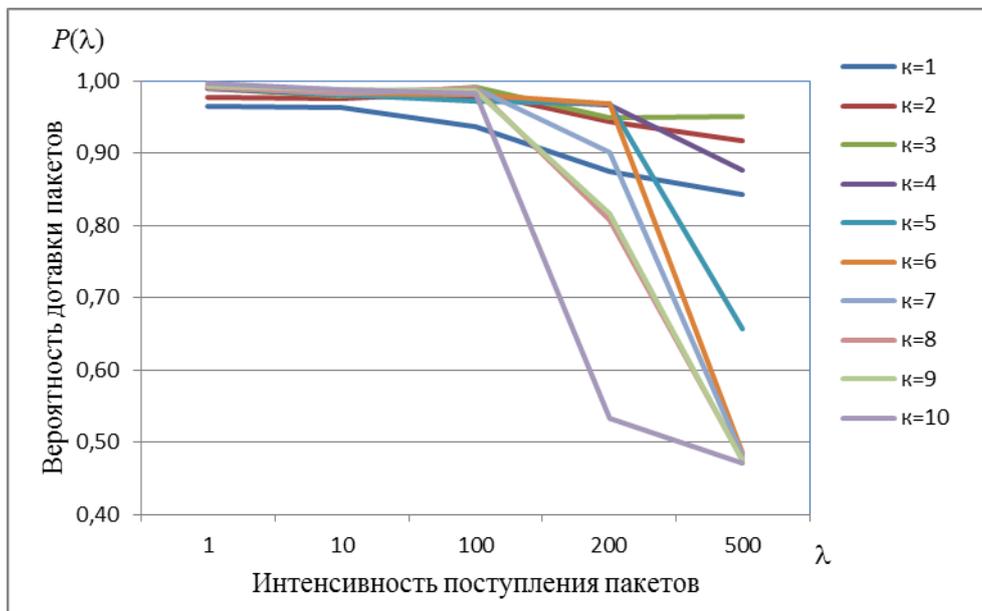


Рис. 4. График зависимости вероятности доставки пакетов от интенсивности поступления пакетов

При кратности резервирования маршрутов равной 1, т.е. при отсутствии дополнительных маршрутов, значения P сравнительно ниже остальных. Это объясняется тем, что при отсутствии альтернативных маршрутов надежность работы сети уменьшается.

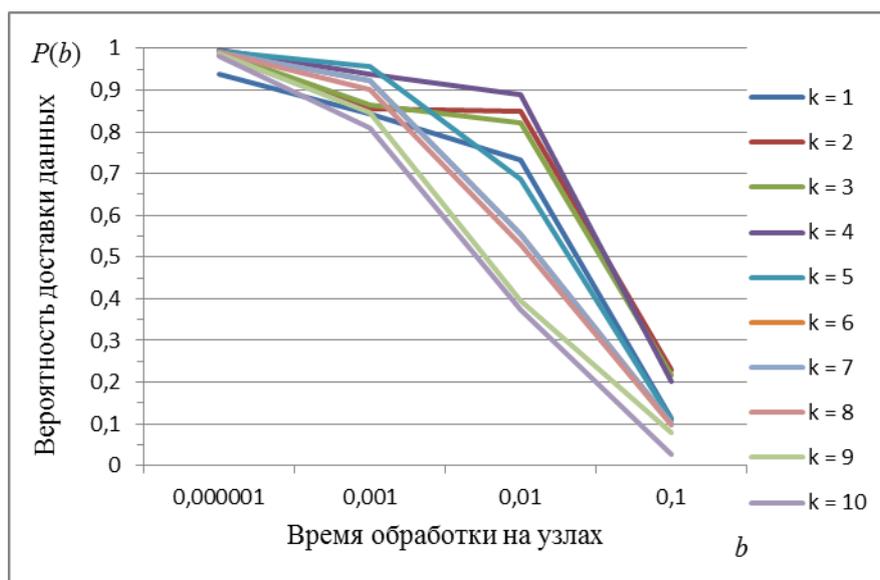


Рис. 5. График зависимости вероятности доставки пакетов от времени обработки на узлах

Можно отметить, что приращение вероятности доставки пакета тем больше, чем меньше общих узлов в различных маршрутах [4].

Как видно из рис. 5 вероятность доставки с увеличением времени обработки пакетов на узлах уменьшается, так как увеличивается нагрузка на узлах. В рассматриваемом случае наибольшее снижение вероятности доставки пакетов наблюдается при увеличении b до 0,01.

Также из рис. 5 видно, что при кратности резервирования маршрутов равной 1, т.е. при отсутствии дополнительных маршрутов P сравнительно ниже.

Приращение вероятности доставки пакета тем больше, чем меньше значение времени обработки на узлах. Так как с меньшим значением b быстрее обрабатываются и создают значительно меньшую нагрузку, чем при больших значениях [5].

Как видно из рис. 6 вероятность доставки с увеличением задержек на каналах уменьшается, так как увеличивается время доставки пакетов. При кратности резервирования маршрутов равной 1, т.е. при отсутствии дополнительных маршрутов P сравнительно ниже.

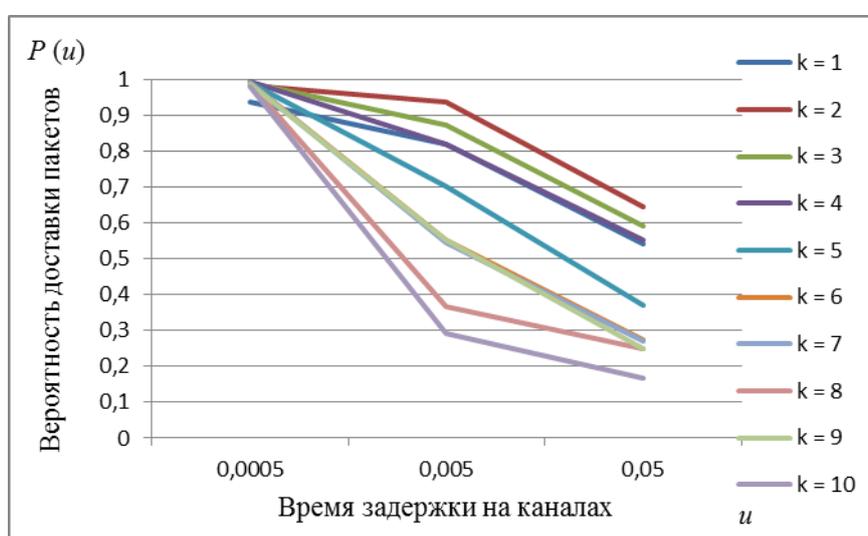


Рис. 6. График зависимости вероятности доставки пакетов от задержек на каналах

Вероятность доставки с увеличением потерь на каналах уменьшается.

На вероятность доставки пакетов в рассматриваемой сети существенно влияют время обработки на узлах, задержки на каналах. Слишком большие значения приводят к повышению нагрузки и увеличивают время доставки пакета. В результате полученных исследований можно сделать вывод о том, что резервирование маршрутов целесообразно хотя бы при наличии одного дополнительного маршрута к основному. Увеличение кратности резервирования маршрутов обосновано при небольших значениях u и b .

Литература

1. Богатырев В.А., Богатырев С.В., Богатырев А.В. Надежность дублированной сети управления машинами и агрегатами // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2012. – № 2(20). – С. 35–39.
2. Богатырев В.А., Осипов А.В. Оптимальное резервирование агрегированных радиальных каналов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013. – № 4. – С. 149–150.
3. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.

4. Аскарова Д.В. Методы отказоустойчивости и сравнительная реализация в облачных вычислениях // Сб. трудов молодежной секции «Информационные технологии» в рамках XXI Всероссийской научно-методической конференции «Телематика'2014». – СПб.: НИУ ИТМО. – 2014. – С. 8–10.
5. Аскарова Д.В. Модели надежности сетей с резервированием маршрутизаторов // Сб. научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Современное общество, образование и наука». – 2015. – С. 17–18.



Афанасьева Надежда Анатольевна

Год рождения: 1987

Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии, группа № иб361

Направление подготовки: 240700 – Биотехнология продуктов
функционального назначения

e-mail: nadin.af.31@gmail.com

УДК 636.084.422

**РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ВЛАЖНОГО КОРМА
ДЛЯ ВЗРОСЛЫХ КОШЕК НА ОСНОВЕ КОМПОНЕНТОВ,
БОГАТЫХ ТАУРИНОМ**

Н.А. Афанасьева

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

Работа выполнена в рамках темы НИР № 610461 «Биоконверсия пищевого сырья в производстве комбинированных продуктов».

Одной из основных особенностей кошек является потребность в таурине. Таурин образуется в печени из серосодержащих аминокислот с участием фермента цистеиндеоксигеназы. Но у кошек биосинтез таурина из его предшественников недостаточен для потребностей в этой аминокислоте, так как у животных данного вида активность ферментов печени очень низка [1, 2].

В организме кошки таурин участвует в переваривании жиров в тонкой кишке. Таурин необходим для поддержания целостности сетчатки глаза. Длительный недостаток таурина приводит к прогрессивной дегенерации сетчатки, а в результате к полной слепоте за короткий период времени. В 1987 году была установлена связь между недостатком таурина и заболеваниями сердца. Таурин необходим для развития и поддержания целостности нервной ткани. Кроме того, таурин действует как иммуномодулятор и антиоксидант [1].

Источником этого соединения могут служить молочные продукты, мясо, рыба и нерыбные объекты морского промысла, такие как ракообразные или моллюски.

Кроме того, в России существует проблема разработки безотходных технологий, несмотря на многочисленные исследования в этой области. Так, например, при производстве сыра в больших объемах получают подсырную сыворотку. Функциональные свойства подсырной сыворотки определяются главным образом наличием сывороточных белков. Сывороточные белки являются полноценными белками, которые используются организмом для структурного обмена [3].

Существует и другая проблема, связанная с тем, что добыча морских ракообразных во всем мире приводит к появлению больших объемов

панцирьсодержащих отходов. Известно, что панцирьсодержащие отходы характеризуются значительным содержанием дефицитных макро- и микроэлементов, а также неперевариваемых белков, которые могут выполнять функцию пищевых волокон [4, 5].

В связи с вышеизложенным, **целью работы** являлась разработка рецептуры и технологии влажного корма для взрослых кошек на основе компонентов, богатых таурином.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. исследовать рациональность использования креветок в качестве функционального ингредиента, содержащего высокие концентрации таурина;
2. разработать рецептуру корма для взрослых кошек;
3. разработать технологическую схему производства корма;
4. исследовать органолептические, физико-химические показатели готового корма;
5. исследовать изменения показателей корма в процессе хранения и определить его сроки годности.

Креветки являются высокобелковым продуктом, кроме того, содержат высокие концентрации таурина, необходимого кошкам, в связи с этим, креветки исследовали на количественное содержание таурина, которое составило $0,38 \pm 0,02\%$.

Так как корм для кошек на основе креветок и сыворотки предполагается изготавливать в виде желе, то была подобрана доза желатина, которая составляет 1,1%.

В ходе исследования, с учетом потребностей животного в основных микро- и макронутриентах, была подобрана и рассчитана рецептура готового корма.

Кроме того, была разработана технология производства корма, включающая следующие операции: приемка сырья; предварительная подготовка компонентов корма; восстановление сыворотки; смешивание компонентов корма (кроме креветок) с восстановленной сывороткой; пастеризация; охлаждение; внесение в смесь измельченных креветок; интенсивное перемешивание; фасовка; стерилизация; желирование; хранение.

Известно, что влажность корма влияет на его усвоение организмом кошки, в связи с этим, в готовом корме определили количество сухих веществ и влаги (табл. 1).

Таблица 1. Данные измерений сухих веществ и влаги

| Наименование показателя | Значение |
|-------------------------------------|----------|
| Содержание сухих веществ, % | 24,2 |
| Содержание влаги, % | 75,8 |
| Значение предела повторяемости, % | 243,9 |
| Абсолютная погрешность (\pm), % | 1,6 |

Содержание таурина в готовом корме определяли расчетным путем, предварительно определив его содержание в креветках. Полученные данные представлены в табл. 2.

Таблица 2. Содержание таурина в корме

| Ингредиент | Массовая доля ингредиента в рецептуре, % | Содержание таурина, % |
|--|--|-----------------------|
| Вода | 52,6 | – |
| Сухая подсырная сыворотка (деминерализованная) | 2,3 | – |

| Ингредиент | Массовая доля ингредиента в рецептуре, % | Содержание таурина, % |
|--|--|-----------------------|
| Мясо креветок | 30 | 0,38 |
| Желатин | 1,1 | – |
| Мука из панциря креветки | 4,0 | – |
| Масло подсолнечное рафинированное | 10,0 | – |
| Итого | 100,0 | – |
| Массовая доля таурина в корме | – | 0,11 |
| Содержание таурина в корме в пересчете на сухое вещество | – | 0,50 |

По полученным данным, очевидно, что разработанный корм содержит повышенные концентрации таурина, так как согласно ветеринарно-санитарным нормам на корма для непродуктивных животных, содержание таурина должно быть 0,2% в пересчете на сухое вещество.

В соответствии с ГОСТ Р 55453-2013 были сформулированы требования к органолептическим, физико-химическим показателям, а также показателям безопасности.

Для установления сроков годности исследовался неупакованный корм, так как в условиях лаборатории расфасовать корм в многослойную упаковку не представляется возможным. Корм исследовали на изменение органолептических свойств в процессе хранения. Корм хранился в холодильнике при температуре $(4\pm 2)^\circ\text{C}$. Бальная оценка корма в процессе хранения представлена в виде диаграммы (рисунок).

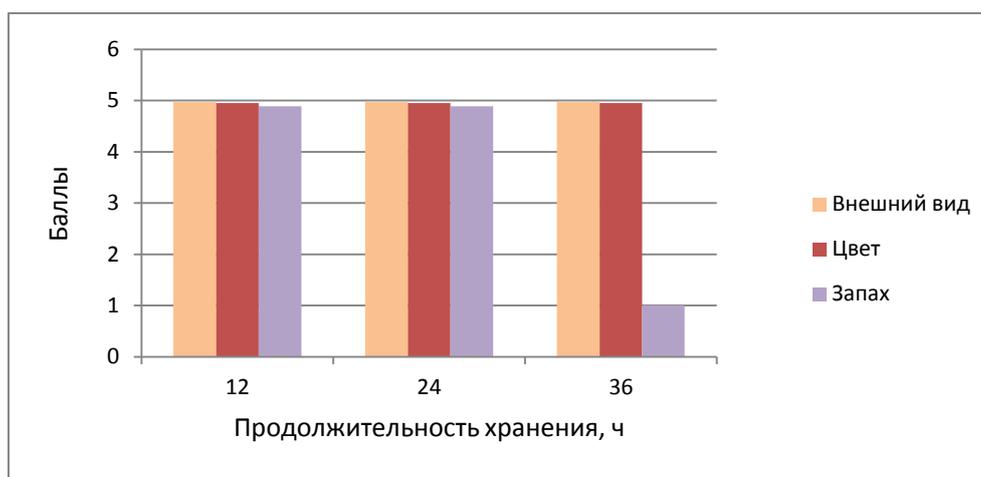


Рисунок. Бальная оценка органолептических свойств готового корма в процессе хранения

На основании органолептической оценки, очевидно, что готовый корм в неупакованном виде может храниться не более 24 ч.

Одними из наиболее важных показателей качества корма являются его пищевая и энергетическая ценность (табл. 3).

Таблица 3. Пищевая и энергетическая ценность корма

| Пищевые вещества | Содержание в 100 г корма |
|------------------------------|--------------------------|
| Обменная энергия, ккал (кДж) | 247 (1033) |
| Белки, г | 27,4 |
| Жиры, г | 12,6 |
| Углеводы, г | 1,9 |

Примечание – значения показателей приведены на сухое вещество

В ходе исследования был произведен расчет биологической ценности корма для витаминно-минеральной составляющей, который показал, что данный корм не сбалансирован по витаминно-минеральной составляющей. При этом, за счет повышенного содержания магния, натрия, цинка и марганца, данный корм может быть рекомендован в качестве добавки к основному рациону при недостатке этих минеральных веществ.

Для оценки экономической эффективности производства корма на основе сыворотки и креветок был произведен расчет себестоимости готовой продукции, которая составила с учетом всех ресурсо- и энергозатрат 19 руб. 43 коп.

Кроме этого был произведен расчет розничной цены готового корма. Розничная цена на продукцию складывается из отпускной цены с предприятия, налога на добавочную стоимость и торговой надбавки.

Необходимый расчет показал, что средняя розничная цена на разрабатываемый корм составляет 34 руб. 90 коп, что соответствует среднему ценовому сегменту рынка кормов для кошек.

В результате проделанной работы можно сформулировать следующие выводы:

1. в ходе анализа литературных данных установлена целесообразность разработки нового корма для взрослых кошек с использованием побочного сырья молочного и рыбоперерабатывающего производств;
2. доказана возможность использования мяса креветок и пацирьсодержащего сырья в разработке функционального корма для кошек с точки зрения обогащения его таурином;
3. подобрана доза внесения желатина для получения необходимой консистенции корма, которая составляет 1,1% от общей массы корма;
4. в результате исследования выявлено, что корм отличается высокими органолептическими и физико-химическими показателями, которые соответствуют действующим нормативным документам на корма для непродуктивных животных;
5. доказано, что корм по пищевой и энергетической ценности соответствует нормам потребления организма кошки;
6. расчет биологической ценности витаминно-минеральной составляющей показал, что данный корм не может быть рекомендован в качестве основного рациона животного, так как обеднен витаминами, однако за счет повышенного содержания таких минералов, как магний, натрий, цинк и марганец, данный корм может быть рекомендован в качестве добавки к основному рациону при их недостатке;
7. для оценки экономической эффективности был произведен расчет себестоимости и средней розничной цены, который показал, что данный корм может составить существенную конкуренцию кормам импортного производства за счет его не высокой стоимости.

Литература

1. Пибо П., Бьурж В., Эллиот Д. Энциклопедия клинического питания кошек / Пер. с англ. Б.Ф. Шуляк. – М.: ЗАО «Рускан», 2009. – 519 с.
2. Hilton J. The Biosynthesis, Function and Deficiency Signs of Taurine in Cats // *Can Vet J.* – 1988. – V. 29(7). – P. 598–599, 601.
3. Храмцов А.Г. Феномен молочной сыворотки. – СПб.: Профессия, 2011. – 802 с.
4. Афанасьева Н.А., Надточий Л.А. Использование вторичных сырьевых ресурсов в производстве корма для взрослых кошек // Теоретические и прикладные аспекты современной науки: сборник научных трудов по материалам VI Международной научно-практической конференции: в 6 ч. – 2015. – Ч. I. – С. 144–146.
5. Технология рыбы и рыбных продуктов. Учебник. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 943 с.



Белова Алена Игоревна

Год рождения: 1992

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра технологии приборостроения, группа № 6657

Направление подготовки: 200100 – Приборостроение

e-mail: alyonabelova92@yandex.ru

УДК 658.511.4:621

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СЛОВАРНОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.И. Белова

Научный руководитель – д.т.н., профессор Д.Д. Куликов

Работа выполнена в рамках темы НИР «Научные основы организации интегрированных производств на приборостроительных предприятиях» (номер государственной регистрации НИР: № 01201281435 от 12.12.12).

На кафедре ТПС Университета ИТМО разработан целый комплекс специализированных систем технологического назначения: «ТИС-Деталь» – для создания параметрических моделей деталей, «ТИС-ТАП» – для расчета режимов резания, «ТИС-Процесс» – для проектирования технологических процессов.

Анализ научной литературы, а именно исследователей Е.И. Яблочникова и Д.Д. Куликова показал, что эффективное информационное взаимодействие автоматизированных систем технологического подготовки производства (АСТПП) возможно лишь на базе единого информационного пространства (ЕИП).

Разработанная словарная система позволяет обеспечить единство понятий в технологической интегрированной среде (ТИС).

Используемые для решения технологических задач в подсистемах ТИС базы данных (БД) должны использовать ЕИП. Предпосылкой создания ЕИП послужило создание словарной системы «ТИС-Словарь» – единого словаря параметров объектов (ЕСП). В какой бы базе ни находился набор данных, параметры объектов, которые он описывает, зарегистрированы в словаре параметров. «ТИС-Словарь» является информационно-поисковой вспомогательной системой.

Использование словарной системы позволяет:

- избежать дублирования параметров;
- уменьшить объем хранимой информации;
- повысить скорость работы;
- уменьшить ошибки ввода и повысить достоверность вводимой информации;
- повысить эффективность работы систем семейства ТИС.

Преимущества организации системы в виде веб-ориентированного приложения заключается в обмене данными по Интернет, распределении задач между клиентской и серверной частью. Клиентская часть обеспечивает интерфейс для работы с данными сервера, в роли клиентской части в данном случае выступает браузер. Сервер обеспечивает хранение, обработку, передачу информации. Клиентская часть выполняет только отображение информации.

Словарная система является веб-сервисом, выполняющим поддержку и сопровождение БД технологического назначения для подсистем ТИС. Достоинством

подобной реализации является то, что клиентская часть такого приложения не зависит от операционной системы (ОС) или языка программирования.

Целью работы является реализация словарной системы «ТИС-Словарь» новыми программными средствами в виде веб-сервиса. «ТИС-Словарь» позволит сопровождать БД через удобный пользователю интерфейс; исследование принципов применения ЕИП для информационного взаимодействия подсистем АСТПП; исследование возможностей использования паттернов подсистемами ТИС.

Существует более ранняя версия системы, где информация об объектах представлена в виде временных реляционных БД, которые включают в себя каталог модели детали и тело модели детали; предусмотрена база «Словарь и образцы», которая состоит из каталога базы «Словарь и образцы» и словаря параметров, позволяющего избежать дублирования параметров различных элементов. Ранняя версия реализована в программной среде FoxPro, но эта среда больше не поддерживается разработчиками ПО.

Каждая из подсистем для работы с объектами использует множество БД. Объектом может быть модель техпроцесса, заготовки, детали, конечные элементы детали т.п. Ранее для работы с объектами каждая из подсистем использовала свой набор БД, которые хранились непосредственно в системе управления базами данных (СУБД) в СУБД-подсистеме. Для обмена данными между подсистемами и СУБД использовался язык XML. Это значит, что информация об объектах хранилась в виде некоторой последовательности блок-параметров. Блок-параметр – набор тегов, заключенных в один общий тег.

За каждым параметром записано значение параметра и его атрибута (наименование, обозначение, классификатор, размерность и т.д.).

Так как атрибуты параметров записаны для всех параметров, которые содержатся в XML-документе, то возникает дублирование атрибутов параметров по одинаковым параметрам для всех параметров XML-документа. Поэтому возникает задача уменьшения объема хранимой информации. Это может быть достигнуто за счет применения словарей и шаблонов.

Словарь реализует следующие функции:

- организация поиска объектов, вывода форм для ввода значений параметров объектов;
- автоматическое отслеживание правильности ввода с помощью атрибутов позволяет уменьшить ошибки ввода и повысить достоверность вводимой информации.

Возможности использования позволяют:

- избежать дублирования параметров, снизить объем хранимой информации.

«ТИС-Словарь» разделен на три части: отвечающие за работу с атрибутами параметров для шаблонов; формирование шаблонов элементов детали, гальваники, термообработки, лакокраски, техпроцессов и работу с классификаторами, такими как группа материала, виды сверл, виды операций по ГОСТ и др. Кроме этого предусмотрен интерфейс для создания таких списков как домен, тип, размерность. Список отличается от классификатора тем, что список – множество строк, имеющих обозначение и наименование, а классификатор имеет код и наименование. Список «домен» необходим для определения области применения параметра или шаблона.

Для работы с каждым из разделов реализовано два основных модуля: модуль поиска и модуль сопровождения. Модуль поиска необходим для организации поиска объектов, модуль сопровождения предусматривает наличие форм для ввода (редактирования) значений параметров объектов, создания паттернов гальваники, лакокраски, термообработки, КЭ, технологических процессов.

Работа со словарной системой реализована двумя способами: автономно (для сопровождения БД, вызывается администратором) или использоваться для функционирования систем технологического назначения и вызываться непосредственно через интерфейс специализированных подсистем.

Для построения словарной системы используется трехзвенная архитектура, состоящая из следующих компонентов:

- клиентская часть – веб-браузер;
- серверная часть – веб-сервис Node.js;
- СУБД MongoDB.

В работе рассмотрена возможность организации ЕИП между всеми подсистемами семейства ТИС, когда сопровождение БД будет осуществляться через ТИС-Словарь, а применяться содержимое этой БД будет в специализированных подсистемах ТИС. Работа с БД будет осуществляться через СУБД, независимо от того, каким веб-сервисом они используются.

Ранее подсистемы ТИС использовали для хранения БД реляционную СУБД SQLServer. Для запросов использовался язык SQL. Языком обмена данными между подсистемами и СУБД был XML.

В XML-объекте вся информация хранится в одном документе, который содержит множество тегов. XML-формат для хранения множества паттернов (большого количества объектов) является неудобным. Также (затруднена) работа (NodeJS) Java Script с XML-данными требует преобразования из XML в JSON и обратно. Преобразование данных XML в ассоциативный массив Java Script и обратно увеличивает время выполнения запросов (так как серверная часть реализована при помощи платформы NodeJS и мы имеем множество баз знаний (коллекций)).

В результате выполнения работы:

- реализованы возможности ввода и сопровождения баз знаний для разделов работы с параметрами, паттернами, классификаторами и списками;
- в базу знаний для раздела параметры внесено более 1000 параметров с заполненными атрибутами;
- созданы паттерны для таких объектов как: конструктивные элементы, гальваника, лакокраска, термообработка;
- паттерны словарной системы используются системами ТИС-Деталь, ТИС-Процесс, ТИС-ТАП;
- доступ к БД осуществляется через авторизацию в системе администрирования.

Таким образом, решена проблема безопасности данных в Интернет.

Информационная интеграция между подсистемами ТИС может быть достигнута лишь на основе онтологического подхода к ее созданию, поэтому для создания онтологии «производство» актуальной задачей являлось «создание» подсистемы «ТИС-Словарь», содержащей базу «Словарь».

Объекты словаря (паттерны, классификаторы, параметры) имеют большой объем и переменную структуру, кроме того взаимодействие со словарем должно быть достаточно быстродействующим, поэтому была выбрана нереляционная СУБД MongoDB.

Система ТИС создается как веб-ориентированная система. Исходя из этого «ТИС-Словарь» разработан как веб-сервис, причем для его функционирования была выбрана программная платформа NodeJS, что позволило обеспечить кроссбраузерность и кроссплатформенность компонентам «ТИС-Словарь». Использование веб-ориентированных приложений в ТПП позволяет уменьшить время ТПП, следовательно, снизить время выхода изделия на рынок.

Выбор NodeJS, как показал эксперимент над прототипом «ТИС-Словарь», позволил обеспечить высокое быстродействие системы, а кроме того дал возможность разрабатывать как клиентское, так и серверное приложение на одном языке JavaScript.

Наличие словарной системы технологического назначения является основой для создания ЕИП между специализированными подсистемами ТИС, что еще больше подтверждает его необходимость.

Анализ показал, что необходимо осуществить безопасное общение между подсистемами, которые используют словарную систему. Компонента «ТИС-Словарь» взаимодействует с остальными подсистемами через систему «ТИС-Админ», причем «ТИС-Словарь» не знает местонахождение этих подсистем, и только через «ТИС-Админ» определяет их адрес.

Словарная система может быть использована в учебном процессе кафедры ТПС, что позволит апробировать систему с целью выявления ее недостатков и определить пути дальнейшего функционального расширения системы.

Литература

1. Яблочников Е.И. Автоматизация технологической подготовки производства. Учебное пособие. – СПб.: СПбГИТМО (ТУ), 2002. – 92 с.
2. Яблочников Е.И., Куликов Д.Д., Молочник В.И. Моделирование приборов, систем и процессов. Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 180 с.
3. Куликов Д.Д. Интеллектуальные программные комплексы для технической и технологической подготовки производства. Часть 1. Проектирование подсистем ТПП. Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 60 с.
4. Куликов Д.Д., Яблочников Е.И., Бабанин В.С. Интеллектуальные программные комплексы для технической и технологической подготовки производства. Часть 7. Системы проектирования технологических процессов. – СПб.: НИУ ИТМО, 2011. – 136 с.



Биушкина Ксения Олеговна

Год рождения: 1992

Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра социальных и гуманитарных наук, группа № 6042

Направление подготовки: 220100 – Системный анализ
и управление социокультурными процессами

e-mail: biushkina_ksenia@mail.ru

УДК 004.82

КОРПОРАТИВНАЯ БАЗА ЗНАНИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ РАБОТЫ С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ КАПИТАЛОМ КОМПАНИИ (НА МАТЕРИАЛЕ КУЛЬТУРНО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ)

К.О. Биушкина

Научный руководитель – к.психол.н., преподаватель А.С. Сергеева

В современном мире знания становятся источником конкурентного преимущества. От того, как будут организованы процессы накопления, распространения и преумножения знаний в организации, может зависеть ее место на рынке. Эффективным решением данной проблемы может стать внедрение корпоративной базы знаний – инструмента, содержащего важную информацию о работе компании, позволяющего накапливать и сохранять интеллектуальный капитал компании, а также

способствующего распространению знаний. Однако внедрение такого системного инструмента – процесс дорогостоящий и трудозатратный. Успех работы продукта зависит, в том числе от текущего уровня управления знаниями в компании. Если этот уровень низок, внедрение базы знаний может стать бесполезной тратой денег, так как сотрудники не склонны делиться знаниями, и внедрение такого инструмента будет неоправданным. Универсальной методики определения этого уровня нет, но есть различные модели разделения знаний, описывающие факторы, влияющие на разделение, сравнив которые, можно определить наиболее полную классификацию и подобрать методики, с помощью которых компании смогут определить свой уровень и принять решение о готовности внедрения базы знаний. Вторым фактором успеха внедрения системного продукта по управлению знаниями – его встроенность в контекст организации. Для того чтобы сотрудники постоянно использовали базу знаний в своей профессиональной деятельности, необходимо создать простую для понимания персоналом структуру хранения данных, которая будет соответствовать деятельности организации. Поэтому **целью работы** являлась разработка решения по улучшению эффективности внедрения баз знаний в систему организационного управления.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

- изучение факторов, влияющих на разделение знаний в организации и проведение сравнительного анализа моделей разделения знаний;
- подбор методик определения уровня управления знаниями в компании на основе изученных факторов;
- проведение анализа структур существующих баз знаний, определение используемых в них оснований для выделения разделов;
- разработка собственной классификации разделов базы знаний;
- апробация разработанных решений в культурно-развлекательном учреждении: проведение исследования эффективности управления знаниями на основе подобранных методик; разработка структуры базы знаний для культурно-развлекательного учреждения на основе разработанной классификации.

Наличие в компании такого решения как корпоративная база знаний поможет сохранить и накопить интеллектуальный капитал, благодаря чему потери любых сотрудников не станут для компании критичными. Однако корпоративная база знаний будет эффективным инструментом при высоком уровне зрелости управления знаниями в организации. Соответственно, перед началом разработки и внедрения базы необходимо оценить этот уровень. Для того чтобы выработать механизм определения текущего уровня управления знаниями, в работе были рассмотрены модели разделения знаний: модель MOA [1], модель Meng-Hsiang Hsu, Teresa L. Ju, Chia-Hui Yen, Chun-Ming Chang [2], Модель Mark Sharratt, Abel Usoro [3], модель Chyan Yang, Liang-Chu Chen [4].

Все вышеописанные модели имеют разную степень детализации, но зачастую, авторы описывают одинаковые или схожие факторы. В работе было проведено соответствие факторов, влияющих на эффективность разделения знаний, выделенных различными авторами. В результате анализа этих данных были сделаны следующие выводы:

- наиболее полной, разносторонней и детальной является модель Chyan Yang, Liang-Chu Chen;
- модель MOA наиболее общим образом описывает факторы разделения знаний, тем самым покрывая все классификации других моделей;
- модель Mark Sharratt, Abel Usoro в большей степени описывает факторы, относящиеся к организации, а не к личности или характеристике самого знания;

- модель знаний Meng-Hsiang Hsu, Teresa L. Ju, Chia-Hui Yen, Chun-Ming Chang наименее подробная из всех рассматриваемых моделей и затрагивает лишь некоторые аспекты, выделяемые другими авторами.

Сравнительная таблица моделей и результаты ее анализа представляют научную новизну и могут использоваться в проведении дальнейших исследований в области управления знаниями.

На основании выделенных факторов были подобраны методики их оценки в компании. Был выбран опросник по разделению знаний К.Р. Червинской, содержащий следующие параметры: «включенность-активность», «включенность-пассивность», «удовлетворенность», «инструменты разделения знаний», «эффекты разделения знаний». Данный опросник был разработан на основе модели разделения знаний Chyan Yang, Liang-Chu Chen, которую ранее мы определили, как наиболее полную.

Помимо этого, к факторам разделения знаний относятся факторы среды, коллектива и культуры, существующих в организации. Поэтому в исследование также была включена «Методика определения психологического климата в группе Л.Н. Лутошкина». Данные методики являются универсальными и могут быть использованы на предприятиях различных направленностей.

После того, как компания определилась с необходимостью внедрения базы знаний, возникает вопрос определения оптимальной для компании структуры базы знаний. Структура должна быть удобной для использования работниками компании.

Для того чтобы разобраться, какие классификации разделов используются компаниями, были проанализированы имеющиеся базы знаний, данные о которых находятся в открытом доступе. В результате были выделены следующие основания для классификаций разделов баз знаний: по видам продуктов и услуг, предоставляемых компанией; по организационной структуре; по областям деятельности компании; по классификации решаемых в компании проблем; по проектам компании; по типу документов, хранящихся в базе.

В работе представлена собственная классификация разделов баз знаний на основе структурных подсистем организации. Целью структурного анализа является преобразование общих абстрактных знаний об изучаемой предметной области в точные описания подсистем организации, что в точности соответствует назначению корпоративной базы знаний. Поэтому на основе структурных подсистем организации были сформированы следующие разделы базы знаний: стратегический; организационный; функционально-процессный; информационный; финансово-экономический; продуктивно-клиентский; нормативно-правовой.

Таким образом, предложенная структура позволяет охватить все пункты выделенных источниками подсистем, а значит, позволит описать деятельность организации как можно более полно и разносторонне. Предложенная структура разделов может использоваться в качестве основы для создания базы знаний на процессно-ориентированных предприятиях, использующих структурный анализ для организации своей деятельности.

Разработанные решения были апробированы в культурно-развлекательном учреждении. В результате исследования уровня управления знаниями в культурно-развлекательном учреждении были сделаны следующие выводы: большинство сотрудников компании готово участвовать в разделении знаний; большинству сотрудников комфортно участвовать в процессе разделения знаний; в компании существуют техники, инструменты и методы, способствующие распространению знаний, сотрудники осведомлены об их наличии, однако, возможно, таких инструментов недостаточно; в целом, сотрудники видят пользу от разделения знаний; в компании

благоприятный психологический климат для разделения знаний. Соответственно, в компании благоприятные условия для внедрения корпоративной базы знаний.

Для апробации предложенного в работе основания для структурирования разделов базы знаний на основе предложенных разделов была разработана онтология базы знаний для исследуемого развлекательного центра. Онтология представлена на рисунке.

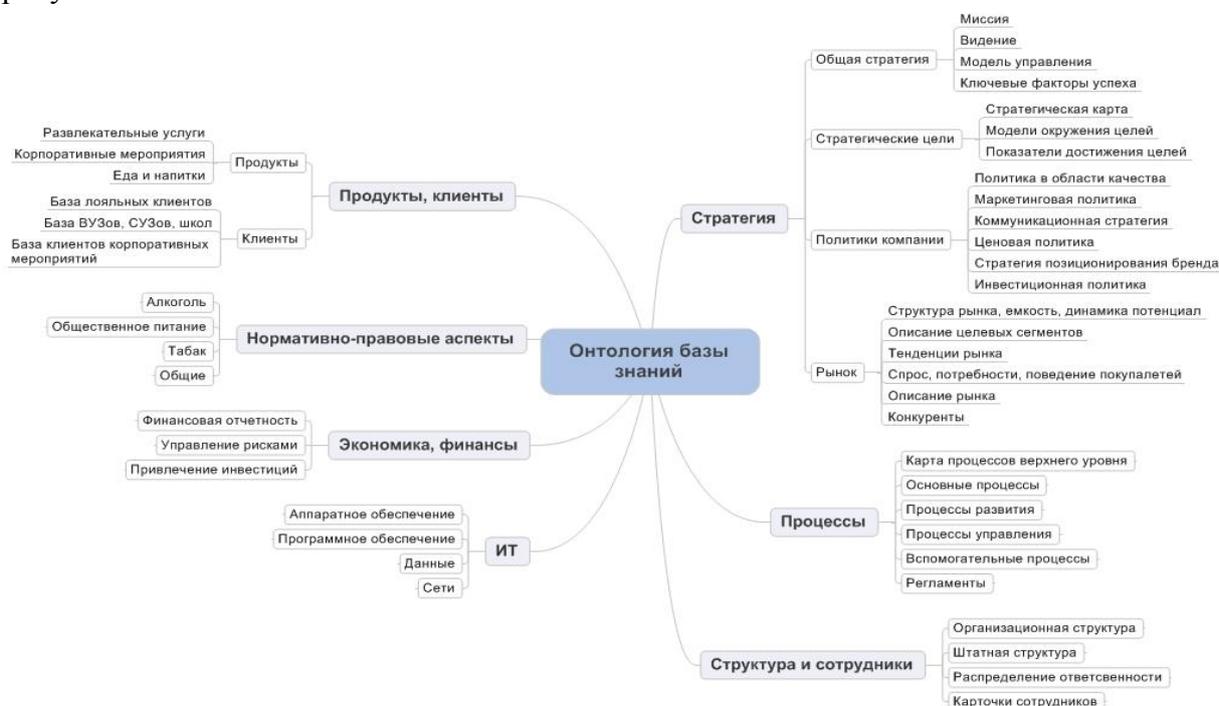


Рисунок. Разработанная онтология базы знаний развлекательного центра

В результате проделанной работы были изучены и сопоставлены модели разделения знаний, выделены влияющие на разделение знаний факторы. Исследовав эти факторы в своих коллективах, компании смогут определить готовность к внедрению базы знаний. Были подобраны методики измерения уровня управления знаниями в организации. Произведен обзор существующих баз знаний и выявлены основания выделения разделов в этих базах. Разработан собственный вариант классификации разделов на основе структурных подсистем. Предложенный новый способ структуризации базы знаний может являться основой для создания баз знаний в процессно-ориентированных компаниях, использующих структурный анализ для организации своей деятельности. Разработанные решения были апробированы в культурно-развлекательном учреждении. Разработанная онтология разделов базы знаний будет использована для создания реальной корпоративной базы знаний этой компании.

Литература

1. Siemsen E., Roth A.V., Balasubramanian S. How Motivation, Opportunity, and Ability Drive Knowledge Sharing: The Constraining-Factor Model // *Journal of Operations Management*. – 2007. – P. 1359–1366.
2. Hsu M.-H., Ju T.L., Yen C.-H., Chang C.-M. Knowledge sharing behavior in virtual communities: The relationship between trust, self-efficacy, and outcome expectations // *International Journal of Human-Computer Studies*. – 2007. – V. 65. – P. 153–169.
3. Sharratt M., Usoro A. Understanding Knowledge-Sharing in Online Communities of Practice // *Electronic Journal on Knowledge Management*. – 2003. – V. 1. – № 2. – P. 187–196.

4. Yang C., Chen L.C. Can organizational knowledge capabilities affect knowledge sharing behavior? // Journal of Information Science. – 2007. – V. 33. – № 1. – P. 95–109.



Варахалина Мария Викторовна

Год рождения: 1987

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра инженерной и компьютерной графики, группа № 6642

Направление подготовки: 230400 – Информационные технологии

e-mail: varakha@gmail.com

УДК 004.09

**МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ ВИЗУАЛЬНОГО РЯДА СПЕКТАКЛЯ
ПРИ ПОМОЩИ ТЕХНОЛОГИИ ЗАХВАТА ДВИЖЕНИЯ**

М.В. Варахалина

Научный руководитель – к.ф.н., доцент А.А. Смолин

Развитие и широкое распространение компьютерных технологий в последние десятилетия XX века существенно изменило театр. Появились совершенно новые формы театрального взаимодействия. Стало возможным вывести на сцену виртуального героя, вывести актеров за пределы сцены и организовать спектакль по принципу видеоконференции, появились онлайн-трансляции спектаклей. Хореографические постановки с использованием интерактивных технологий приобретают все большую популярность. Режиссеры и художники пытаются по-новому использовать свет, звук, различные визуальные эффекты, генеративную графику. Это позволяет внести в выступление особый, уникальный смысл, оставить у зрителя некоторое пространство для воображения.

Для создания визуального ряда спектакля было решено использовать контроллер захвата движения Microsoft Kinect. Kinect обладает рядом преимуществ: он не занимает много места, мобилен, достаточно прост в эксплуатации, не требует дополнительной зарядки или батареек, может считывать движения двух человек, недорого стоит.

Перед тем, как переходить к созданию видеоряда, необходимо было выбрать максимально удобный способ взаимодействия с Kinect. Для этого были изучены наиболее распространенные среды разработки, и уже затем был сделан выбор.

На сегодняшний день существует одно из наиболее удобных и распространенных средств для создания генеративной графики при помощи Kinect являются VVVV, Touch Designer и Processing.

VVVV – это платформа для создания интерактивных проектов, сочетающих в себе видео, аудио, а также различные устройства, включая Kinect. Однако он может взаимодействовать только с компьютерами, работающими на платформе Windows, либо DirectX. И так как работа над проектом велась на ноутбуках, оснащенных Mac Os, то этот вариант автоматически отпал.

Touch Designer – визуальная среда программирования, предназначенная для создания интерактивных мультимедийных проектов. Он также способен интегрировать видео, аудио, 3D и различные устройства, в том числе и Kinect. Touch Designer широко применяется для создания видеомэппинга и различных световых шоу и работает в режиме реального времени.

В ходе сравнительного анализа инструментария этих сред было установлено, что VVVV и Touch Designer наиболее ориентированы на визуализацию данных и на виджеинг.

В итоге, было решено работать с помощью языка Processing. Это наиболее универсальный инструмент, который хорошо сочетается с различными мультимедийными инструментами. Сложность в изучении языка можно компенсировать доступными примерами и библиотеками.

В настоящее время есть три доступные для Processing библиотеки, поддерживающие работу с Kinect. Две из них предназначены для конкретных операционных систем, одна работает под Mac Os X, Linux и Windows. Эти библиотеки также различаются реализованными в них функциями.

1. OpenKinect – Mac Os.
2. SimpleOpenNI – Mac Os, Windows, Linux.
3. dLibs – Linux.

В проекте использовалась вторая библиотека, SimpleOpenNI.

Simple-OpenNI является оберткой для Processing библиотек OpenNI и NITE, реализованной Максом Рейнером, художником и разработчиком программного обеспечения, читающим лекции в университете Цюриха. NITE и OpenNI написаны на C++ и Рейнер написал обертки всех функций и методов для использования их в Java. Затем он написал библиотеку, позволяющую сделать Java-код доступным из Processing. В итоге – это позволяет иметь всю функциональность OpenNI и NITE в Processing [1].

Установка происходит следующим образом.

Сначала необходимо скачать архив SimpleOpenNI и поместить его в папку с библиотеками Processing. Далее открываем сам Processing, заходим в меню Sketch и импортируем библиотеку («Import Libraries»). Мы должны увидеть установленную библиотеку SimpleOpenNI.

Вместе с библиотекой, как правило, идут готовые скетчи с примерами, так что можно их запустить и изучить варианты использования.

Но главным методом работы над проектом стал эксперимент.

У языка Processing существует достаточно большая библиотека готовых скетчей, а также активное интернет-сообщество, которое постоянно дополняет или вносит изменение в эти скетчи. Необходимо было изучить эту библиотеку и понять, существуют ли готовые варианты.

Processing – это язык программирования, который позволяет быстро создавать мультимедийные приложения (в терминологии программы – скетчи). Под словом мультимедиа подразумеваются средства языка, которые позволяют разрабатывать графику, анимацию, разнообразную визуализацию, интерактивные приложения. Processing был создан в 2001 году для создания графики и анимации. Processing работает на Windows, Linux, Mac Os; обладает хорошей документацией и большим количеством наглядных примеров. Существует онлайн-сообщество, которое дополняет библиотеку скетчей.

Художникам и дизайнерам он может дать некоторое представление о программировании, а программистам – возможность экспериментировать с графикой.

Главное преимущество над пакетами Adobe – Processing не требует рендера. Код обрабатывается в реальном времени и результат своего творчества можно увидеть сразу. Кроме того, скетч можно сконвертировать и при необходимости вставить на веб-страницу в качестве Java-приложения.

Для тех, кто знаком с такими языками, как С, JavaScript, PHP, освоить Processing не составит труда, так как очень многие языковые циклы, конструкции, операторы выглядят точно так же.

В проекте также были задачи, которые были решены при помощи пакетов Adobe: After Effects, Premiere Pro, Photoshop. Они легко взаимодействуют друг с другом, имеют много общего в интерфейсе. Основным инструментом стал Adobe After Effects – одна из самых популярных программ для создания эффектов и постобработки видео. Она обладает большим набором инструментов для решения самых разнообразных задач, кроме того, существуют дополнительные плагины и пресеты.

Resolume Arena – программа-видеомикшер и мощный инструмент для визуального исполнения в режиме реального времени, что позволяет использовать его как медиасервер.

Принцип работы Resolume очень прост: используя клавиатуру, можно запускать, микшировать видео, а также добавлять к нему различные эффекты, что позволяет в реальном времени импровизировать с видеорядом.

Перед созданием перформанса «Чума» был изучен существующий опыт сочетания танца, генеративной графики и технологий захвата движения. Знакомство с аналогами продолжилось и позже, в процессе репетиций.

На основании рассмотренных аналогов была разработана методика.

Для начала необходимо было составить примерный сценарный план. Определить повествовательную часть, тайминг, какие мультимедиа-решения задействованы в той или иной сцене и какая звучит музыка. Разумеется, что в процессе будет появляться множество изменений, и такой план должен быть всегда под рукой, чтобы быстро вносить в него пометки и изменения. Создание такого плана является основой для видео и аудио партитуры перформанса.

Было решено, что общее время представления составит не более 20 мин. Может показаться, что для пластического представления это незначительное время, но, учитывая интенсивное использование различных технологий, это оптимальный формат. Первым технологическим решением было решено использовать Kinect для создания видеоряда, так как это очень хрупкий и чувствительный инструмент, и его необходимо долго отстраивать. Кроме того, как мы помним, у Kinect ограниченный радиус действия, и если что-то сойдет в настройке, то всегда проще задержать представление, чем обрывать его на середине. Нельзя исключать и человеческий фактор: если в случае неверного движения танцор задевает Kinect, то с большой долей вероятности можно предположить, что его придется отстраивать заново.

После применения Kinect использовались проекции, созданные при помощи иных средств и выводящиеся при помощи медиа-сервера. Каких-то особых рекомендаций здесь нет, прежде всего надо исходить из художественной задачи.

Необходимо было определить пространство, на котором будет происходить действие. Перформанс был рассчитан на учебную сцену ТКК «Александринский» и поначалу были грандиозные планы задействовать в представлении все четыре стены помещения. Однако сразу был выявлен ряд сложностей и ограничений:

1. стены не являются однородными, существующие проемы будут сложны в обработке и могут навредить проекции;
2. помимо неровностей также имеются дополнительные элементы оформления, вроде штор, которые сложно поддаются демонтажу, и также будут искажать проекцию;

3. невозможность крепления проектора на ферму к потолку, что крайне усложняет момент расстановки проекторов.

Таким образом, решено было остановиться на стыке двух стен с максимально однородной поверхностью.

В представлении была задействована только одна стена, являющаяся так называемым «задником сцены». Это связано с тем, чтобы сделать перформанс максимально универсальным для показа на различных площадках.

Самое главное на этом этапе – определить тот, участок сцены, на котором будет осуществляться взаимодействие с Kinect.

С первой репетиции обозначился очень важный момент – необходимо закладывать время на отстройку проектора и Kinect. Минимальный запас – 30 мин, чтобы спокойно приступить к работе. Однако время может варьироваться от сложности задач и мощности проекторов.

Сильно упрощит процесс наличие собственной коммутации: переходник от компьютера к проектору при необходимости, дополнительные сетевые фильтры. Как правило, чтобы подключить проектор будет достаточно стандартного переходника USB-VGA, на тот случай, если встроенный разъем VGA отсутствует на компьютере.

На первой репетиции с готовым видеоматериалом понадобится также дополнительное время на загрузку роликов на медиа-сервер. Здесь важными моментами являются: количество роликов, их формат, размер. Важным может явиться даже название. К примеру, если работа осуществляется при помощи сервера Catalyst, то название должно начинаться с цифр в формате 001, 002, 003 и т.д. В противном случае, понадобится время на переименование. Здесь рекомендуемым минимальным временем также являются 30 мин.

Таким образом, в случае работы с небольшим объемом материала и при отсутствии сложных технологических задач необходимо закладывать около часа на подготовительные работы. Это необходимо учитывать как на репетициях, так и перед показом. Параллельно с настройкой может идти репетиционный процесс – танцорам необходимо время, чтобы разогреться.

В результате многократных репетиций было зафиксировано, что между эпизодами Kinect может «замирать» и в дальнейшем не идеально реагировать на движения танцора, а то и вовсе пропадать. Для этого рекомендуется понять, возможно ли будет в кратчайшие сроки сделать подмену и управлять видео при помощи компьютера.

В нашем случае дублировались скетчи Processing и вместо команд, отвечающих за работу Kinect, они были заменены командами, реагирующими на движение «мыши».

Литература

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://robotosha.ru/robotics/processing-libraries-for-kinect.html>, свобод.
2. Dixon S. Digital Performance: A history of new media in theatre, dance, performance art, and installation. – MIT Press, 2007. – 809 p.
3. Manovich L. The Language of New Media. – London: The MIT Press, 2002. – 336 p.
4. Shiffman D. The nature of code. – 2012. – 345 p.
5. Райт С. Цифровой композитинг в кино и видео. – М.: НТ Пресс, 2009. – 448 с.



Волков Антон Валерьевич

Год рождения: 1992

Факультет инфокоммуникационных технологий, кафедра световодной фотоники, группа № 6951

Направление подготовки: 210700 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи

e-mail: hi-tehing@yandex.ru

УДК 681.787+004.942

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ ГОМОДИННОЙ ДЕМОДУЛЯЦИИ В ФАЗОВЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКАХ

А.В. Волков

Научный руководитель – к.т.н., ассистент М.Ю. Плотников

Сейчас одним из наиболее важных и востребованных направлений в метрологии является гидроакустика. Волоконно-оптические интерферометрические сенсоры гидроакустического давления (гидрофоны) в большом количестве используются в сейсмических донных станциях, в сейсмических и буксируемых косах, в подводных системах охраны периметра, а также в военном оборудовании и технике. Следовательно, изучение волоконно-оптических гидрофонов является важной, актуальной и перспективной задачей. Однако для приема сигналов с таких сенсоров, необходимо использовать цифровые схемы демодуляции, которые имеют ряд проблем, связанных с влиянием параметров, таких как: глубина фазовой модуляции, мощность оптических импульсов, положение рабочей точки интерферометра и фазовый сдвиг сигнала опорного генератора относительно интерференционного сигнала. Поэтому для эффективного применения алгоритмов обработки и выполнения корректной демодуляции сигналов необходимо детально изучить и проанализировать рассмотренные выше вопросы, чему посвящена настоящая работа.

Целью работы являлось исследование различных схем гомодинной демодуляции интерференционных сигналов, анализ их достоинств и недостатков, выбор наилучшей схемы демодуляции для обработки сигналов волоконно-оптических интерферометрических датчиков гидроакустического давления, а также исследование особенностей ее использования.

В ходе работы рассмотрена схема одиночного волоконно-оптического гидроакустического датчика на основе волоконных брегговских решеток (ВБР), сигнал, на выходе которого может быть представлен в виде:

$$I_{\text{вх}}(t) = A + B \cos[C \cos(2\pi f_0 t) + \varphi(t)], \quad (1)$$

$$\varphi(t) = D \cos(2\pi f t) + \varphi_0, \quad (2)$$

где A и B – постоянные, пропорциональные мощности оптического излучения приходящего на фотоприемник; C – значение глубины фазовой модуляции; f_0 – частота сигнала опорного генератора; $\varphi(t)$ – измеряемый фазовый сигнал; D – амплитуда измеряемого фазового сигнала, а f – его частота; φ_0 – положение рабочей точки интерферометра.

Важной особенностью этой схемы является зависимость интерференционного сигнала от положения рабочей точки интерферометра, что следует из формул (1) и (2) [1]. Для решения этой проблемы были рассмотрены пять известных методов гомодинной демодуляции сигналов. Самый первый – на основе перекрестного

перемножения (PGC-DCM), появившийся еще в 1982 году, устраняющий зависимость от положения рабочей точки интерферометра, но привносящий в выходной сигнал влияние мощности оптического излучения и глубины фазовой модуляции [2]. Второй алгоритм – на основе вычисления значений функции арктангенса (PGC-Atan), реализуемый только в цифровом виде, опубликованный в 2006 году и имеющий более простую схему, чем предыдущий алгоритм, устранил влияние оптической мощности на выходной сигнал, но остался неустойчив к глубине фазовой модуляции [3]. Три последних метода: улучшенный алгоритм на основе вычисления значений функции арктангенса (Ameliorated PGC-Atan), на основе перекрестного перемножения и вычисления значений функции арктангенса (PGC-DCM-Atan), на основе самоперемножения и вычисления значений функции арккотангенса (PGC-Arcscot-DSM) были опубликованы в 2010 и 2012 годах. Они, в отличие от предыдущих алгоритмов, нечувствительны к глубине фазовой модуляции, размаху интерференционной картины, положению рабочей точки интерферометра, но, в то же время их схемы сильно усложнены для практической реализации [4–6].

Однако математический анализ дал лишь поверхностное представление о схемах гомодинной демодуляции сигналов, поэтому, описанные выше обработки были смоделированы в пакетной среде MATLAB, в результате чего были построены их трехмерные зависимости амплитуды выходного сигнала от глубины фазовой модуляции (параметр C), положения рабочей точки интерферометра, размаха интерференционной картины (параметр B) и амплитуды измеряемого фазового сигнала (параметр D).

В результате анализа полученных зависимостей для метода PGC-DCM найдено оптимальное значение параметра $C=2,37$ рад, при котором амплитуда выходного сигнала имеет устойчивую и линейную зависимость от амплитуды измеряемого фазового сигнала, и достигает своего максимального значения. Подтверждено, что выходной сигнал изменяет свою амплитуду пропорционально квадрату размаха интерференционной картины (величине B) и имеет нелинейную зависимость от глубины фазовой модуляции.

В результате изучения полученных зависимостей для метода PGC-Atan было определено, что алгоритм обеспечивает независимость от мощности оптических импульсов и представляет амплитуды выходных сигналов сразу в радианах. Найдено оптимальное значение глубины фазовой модуляции, равное 2,63 рад, при котором осуществляется независимость выходного сигнала от рабочей точки интерферометра и линейность его амплитудной характеристики.

Произведен анализ трехмерных зависимостей для трех методов нечувствительных к глубине фазовой модуляции: Ameliorated PGC-Atan, PGC-DCM-Atan, PGC-Arcscot-DSM. По полученным зависимостям можно сказать, что обработки нечувствительны к положению рабочей точки интерферометра только в диапазоне значений от 1,5 до 3,5 рад параметра C , а не при любых значениях глубины фазовой модуляции, как это утверждается математическим анализом.

Последним этапом моделирования производилась демодуляция реальных интерференционных сигналов с помощью моделей обработок, в результате чего было обнаружено, что четыре из пяти рассмотренных алгоритма (кроме метода PGC-Arcscot-DSM) выполняют корректную демодуляцию реального сигнала при своих оптимальных параметрах. По полученным данным была выбрана оптимальная схема демодуляции сигналов, которой стала обработка на основе метода PGC-Atan.

В ходе работы было произведено исследование оптимальной схемы гомодинной демодуляции сигналов при ее практической реализации, в результате чего был обнаружена одна важная отличительная черта обработки – это фазовый сдвиг сигнала опорного генератора [7]. Оптимальная схема была еще раз смоделирована в среде MATLAB для изучения этого вопроса, после чего были получены следующие

результаты: оптимальными значениями фазового сдвига являются $0, 180, 360^\circ$, при которых обеспечивается независимость от положения рабочей точки интерферометра и линейность амплитудных характеристик выходного сигнала алгоритма демодуляции; при наличии значений сдвига не превышающих оптимальные на 12° (3%), также наблюдается корректная демодуляция интерференционных сигналов; отсутствие на выходе схемы измеряемого фазового сигнала при значениях фазового сдвига 90 и 270° .

Для компенсации фазового сдвига была предложена оригинальная методика по расчету значений фазового сдвига сигнала опорного генератора, которая представлена на рис. 1.

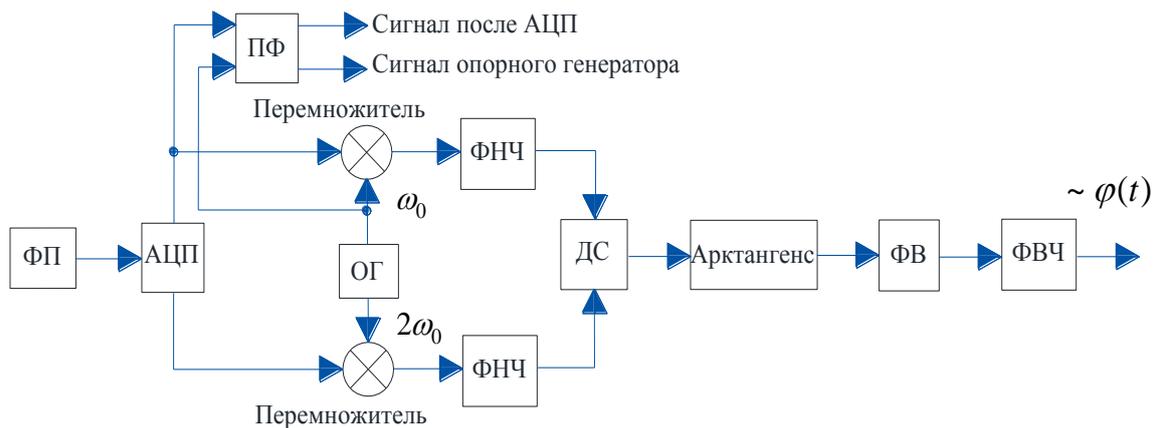


Рис. 1. Принципиальная схема методики расчета значений фазового сдвига сигнала опорного генератора

Она заключалась в пропуске через специальный полосовой фильтр сигналов с АЦП и опорного генератора, после чего между ними можно было вычислить значение фазового сдвига. Настоящая методика была реализована в действующем макете одиночного волоконно-оптического гидрофона, и на рис. 2 представлены результаты ее работы. Как видно из рисунка при компенсации фазового сдвига обработка выполняет корректную демодуляцию интерференционного сигнала.

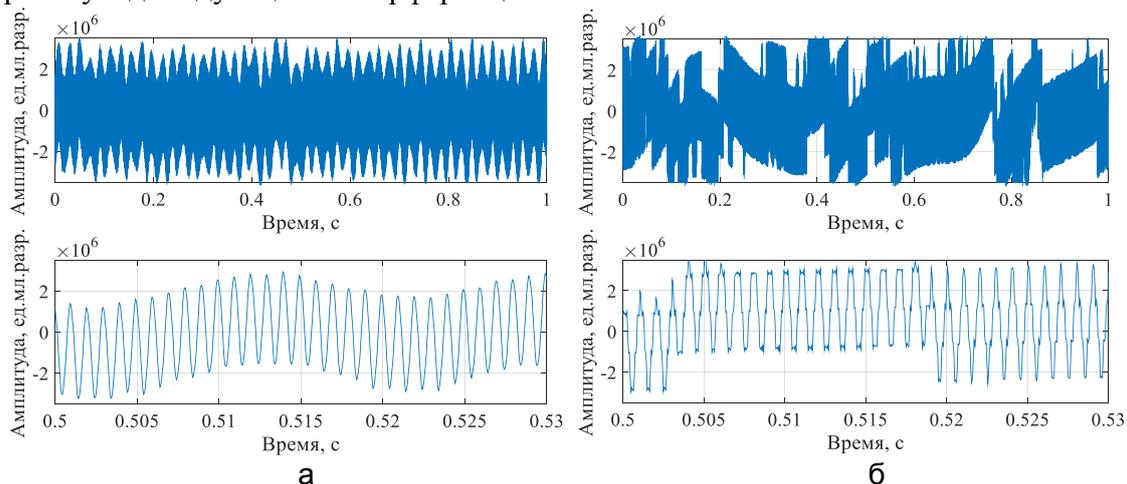


Рис. 2. Графики записанных сигналов с выхода обработки фазового сдвига сигнала опорного генератора: с компенсацией (а); без компенсации (б)

В настоящей работе получены следующие результаты: осуществлено моделирование методов гомодинной демодуляции сигналов; построены трехмерные графики зависимостей выходного сигнала от глубины фазовой модуляции, положения рабочей точки интерферометра для каждого метода; определены оптимальные значения

параметров обработок по построенным графикам зависимостей; найдена оптимальная схема гомодинной демодуляции сигналов, которой стала обработка на основе вычисления арктангенса; изучены причины возникновения фазового сдвига сигнала опорного генератора относительно интерференционного сигнала оптимального алгоритма демодуляции; построены зависимости амплитуды выходного сигнала для оптимального метода демодуляции от фазового сдвига сигнала опорного генератора и внешних параметров; определены оптимальные параметры фазового сдвига сигнала опорного генератора по построенным графикам зависимостей; предложена методика по расчету значения фазового сдвига сигнала опорного генератора.

Литература

1. Варжель С.В., Стригалева В.Е. Метод устранения влияния сигнала помехи на чувствительность приема гидроакустической антенны на основе волоконных Брэгговских решеток // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2010. – № 5(69). – С. 5–8.
2. Dandridge A., Tveten A.B., Gialloronzi T.G. Homodyne demodulation scheme for fiber optic sensors using phase generated carrier // IEEE Journal of Quantum Electronics. – 1982. – V. 18. – № 10. – P. 1647–1653.
3. Wang L., Zhang M., Mao X., Liao Y. The Arctangent Approach of Digital PGC Demodulation for Optic Interferometric Sensors // Proc. SPIE. – 2006. – V. 6292. – P. 10.
4. Jun H., Lin W., Fang L., Yuliang L. An Ameliorated Phase Generated Carrier Demodulation Algorithm With Low Harmonic Distortion and High Stability // Journal of Lightwave Technology. – 2010. – V. 28. – № 22. – P. 3258–3265.
5. Yang X., Chen Z., Hong N.J., Pallayil V., Unnikrishnan C.K.C. A PGC demodulation based on differential-cross-multiplying (DCM) and arctangent (ATAN) algorithm with low harmonic distortion and high stability // Proc. SPIE. – 2012. – V. 8421. – P. 4.
6. Wang G., Xu T., Li F. PGC Demodulation Technique With High Stability and Low Harmonic Distortion // IEEE Photonics Technology Letters. – 2012. – V. 24. – № 23. – P. 2093–2096.
7. Huang S., Lin H. Modified phase-generated carrier demodulation compensated for the propagation delay of the fiber // Appl. Opt. – 2007. – V. 46. – P. 7594–7603.



Воробьев Владимир Сергеевич

Год рождения: 1991

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра систем управления и информатики, группа № 6147

Направление подготовки: 220100 – Интеллектуальные системы
управления техническими процессами

e-mail: vladimir.s.vorobev@gmail.com

УДК 621.398 P336

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОИСКОВОГО ПОВЕДЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АГЕНТОВ

В.С. Воробьев

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Б. Бушуев

В работе рассматривается поисковый алгоритм в системе пространственного слежения, основанный на биологических подходах. В качестве такой системы выступает поисковый агент, поведение которого задано логистическими

отображениями. Цель агента – нахождение области экстремума некоторой пространственной функции. Подобная модель случайного поиска для двухмерного пространства известна из [1]. В работе осуществляется переход к поиску в трехмерном пространстве и дополнение системы нечетким регулятором для улучшения показателей качества процесса. Кроме этого, рассматривается взаимный поиск двух агентов, являющихся друг для друга соответственно экстремумами не статичных в пространстве функций.

Для перехода к пространственному поиску введем две пары логистических отображений, вырабатывающих тенденции к поворотам в вертикальной (тенденции к повороту вверх U и к повороту вниз D) и горизонтальной (к повороту вправо R и влево L) плоскостях:

$$\begin{cases} R(i+1) = \lambda_R(i)R(i)[1 - R(i)] \\ L(i+1) = \lambda_L(i)L(i)[1 - L(i)] \\ U(i+1) = \lambda_U(i)U(i)[1 - U(i)] \\ D(i+1) = \lambda_D(i)D(i)[1 - D(i)]. \end{cases} \quad (1)$$

Чтобы система (1) была устойчивой, вводятся ограничения $\lambda_R, \lambda_L, \lambda_U, \lambda_D \in [0, 1]$, известные из [2]. В системе (1) параметры $\lambda_R, \lambda_L, \lambda_U, \lambda_D$ определяются следующим образом:

$$\begin{cases} \lambda_R(i) = \mu + \sigma \xi_R(i) - L(i) + K \cdot \delta S(i) \\ \lambda_L(i) = \mu + \sigma \xi_L(i) - R(i) + K \cdot \delta S(i) \\ \lambda_U(i) = \mu + \sigma \xi_U(i) - D(i) + K \cdot \delta S(i) \\ \lambda_D(i) = \mu + \sigma \xi_D(i) - U(i) + K \cdot \delta S(i). \end{cases} \quad (2)$$

В (2) μ – константа, $\xi_R, \xi_L, \xi_U, \xi_D$ – белые шумы, ранжированные в области $[-1; 1]$ с амплитудой σ ; K – коэффициенты влияния приращения функции запаха; $\delta S(i)$ – относительное приращение функции запаха на очередной итерации:

$$\delta S(i) = \frac{S(i) - S(i-1)}{S(i)}. \quad (3)$$

Для перехода в трехмерное пространство найдем углы вертикального и горизонтального поворота. Результирующие углы поворотов в вертикальной θ и горизонтальной плоскостях φ определяются соответствующими тенденциями

$$\begin{cases} \theta(i+1) = \theta(i) + [U(i) - D(i)] \\ \varphi(i+1) = \varphi(i) + [L(i) - R(i)]. \end{cases} \quad (4)$$

Система (4) представляет собой компенсационный гомеостат, антагонистами которого являются повороты агента в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Для определения движения агента в трехмерном пространстве с координатами x, y, z необходимо «склеить» уравнения в (4), введя в них перекрестные связи. Для этого вектор положения агента в трехмерном пространстве проектируем на оси x, y, z с помощью синусов и косинусов углов поворота в горизонтальной и вертикальной плоскостях:

$$\begin{cases} x(i) = r \sin \theta(i) \cos \varphi(i) \\ y(i) = r \sin \theta(i) \sin \varphi(i) \\ z(i) = r \cos \theta(i). \end{cases} \quad (5)$$

В (5) r – длина шага поискового агента в каждой итерации. Функция запаха вводится в трехмерном пространстве $S = S(x, y, z)$, относительное приращение которой описывается (3). Целью является нахождение экстремума $S = S(x, y, z)$.

При моделировании ищется экстремум функции $S(x, y, z) = \exp(-x^2 - y^2 - z^2)$. В результате моделирования поведения поискового агента при заданных начальных условиях получаем траекторию, приведенную на рис. 1.

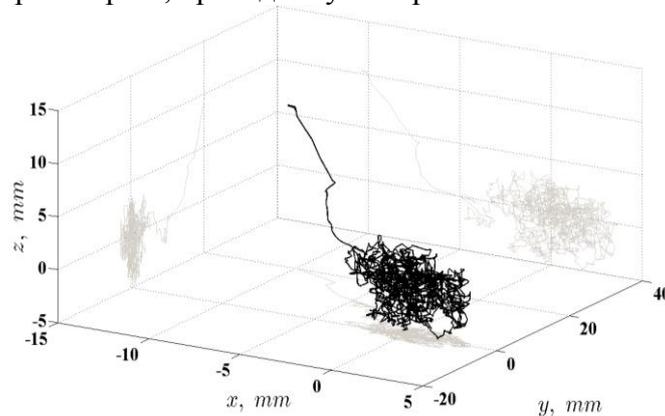


Рис. 1. Траектория движения поискового агента

Для случая взаимного поиска агентов отличие заключается в том, что функции, экстремумы которых представлены агентами, становятся зависимыми от дискретного времени, поэтому принимают вид:

$$S_1(x_1, y_1, z_1, i) = \exp(-x_1^2(i) - y_1^2(i) - z_1^2(i)),$$

$$S_2(x_2, y_2, z_2, i) = \exp(-x_2^2(i) - y_2^2(i) - z_2^2(i)).$$

В целом, за исключением отсутствия определенной точки их встречи, нестационарность значений функций относительно времени никак не влияет на поисковый алгоритм.

Для повышения уровня автономности агента предлагается синтезировать нечеткий регулятор, который позволил бы в зависимости от внешних условий менять поведение системы (т.е. формировать разные тактики), что приведет к улучшению показателей качества движения системы.

Принцип работы нечеткого регулятора описывается в [3]. Основным движущим элементом поискового поведения трехмерной поисковой системы является величина шага r . В соответствии с расположением поискового агента относительно объекта поиска рационально использовать разные значения величины шага r .

В качестве управляющего воздействия принимается значения функции запаха $S(x, y, z)$ на i и $(i-1)$ шагах, используемые для нахождения относительного приращения $\delta S(i)$ в (2). Свяжем значения функции на i и $(i-1)$ шагах в виде разности значений (изменения функции): $\Delta(i) = S(x(i), y(i), z(i)) - S(x(i-1), y(i-1), z(i-1))$.

Для формирования шага $r(i)$ будут использоваться две характеристики величины $\Delta(i)$: знак и величина модуля. Таким образом, в качестве входного воздействия нечеткого регулятора используется вектор:

$$g(i) = \begin{bmatrix} g_1(i) \\ g_2(i) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{sign}(\Delta(i)) \\ |\Delta(i)| \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Задаются функции принадлежности для различных значений $g_1(i)$ и $g_2(i)$ и значений выходной переменной $r(i)$.

Процесс принятия решений о величине шага осуществляется в соответствии с нечеткими правилами, которые представлены в таблице. Входными данными являются элементы вектора (6), а выходной величиной – значение шага $r(i)$.

Таблица. Нечеткие правила регулятора

| | | Знак $\Delta(i)$ | |
|--------------------|-------------|------------------|-----------------|
| | | «отрицательный» | «положительный» |
| Модуль $\Delta(i)$ | «маленький» | малый | большой |
| | «средний» | нормальный | нормальный |
| | «большой» | малый | малый |

Таким образом, система описывается той же самой моделью (1), с учетом того, что (5) принимает вид:

$$\begin{cases} x(i) = r(i) \sin \theta(i) \cos \varphi(i) \\ y(i) = r(i) \sin \theta(i) \sin \varphi(i) . \\ z(i) = r(i) \cos \theta(i) \end{cases} \quad (7)$$

В (7) величина пространственного шага $r(i)$ задается следующим образом:

$$r(i) = F(g(x)) = F(\text{sign}(\Delta(i)), \text{abs}(\Delta(i))), \quad (8)$$

где $g(x)$ определяется из (6), $\Delta(i)$ – разность значений функции на i и $(i-1)$ шагах, $F(*)$ – нелинейный оператор, описывающий действие нечеткого регулятора.

Для сравнения системы с нечетким регулятором и прототипа, моделирование производится с теми же исходными параметрами, что и для прототипа без нечеткого регулятора. В результате моделирования получается график пространственного движения интеллектуального агента. Он приведен на рис. 2.

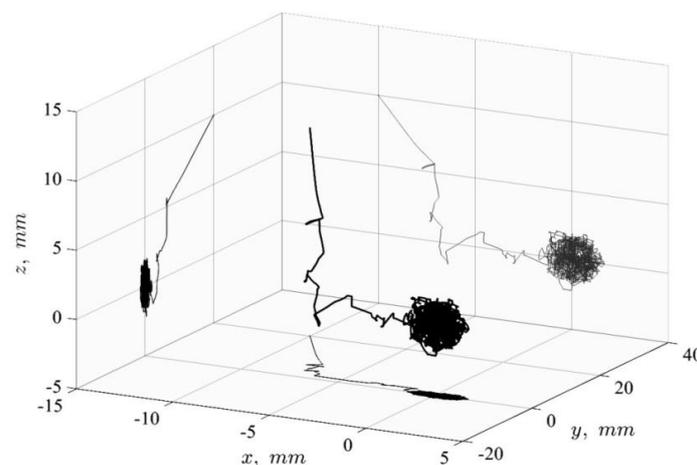


Рис. 2. Поисковое поведение поисковой системы с нечетким регулятором в трехмерном пространстве

Сравнивая рис. 1 и рис. 2, можно заметить, что пространственные блуждания агента в окрестностях экстремума функции более локальны.

В качестве характеристики для сравнения принимают квадратичную норму вектора координат агента. При наличии в системе регулятора переходный процесс заканчивается раньше, чем в системе без регулятора, т.е. $t_n^{reg} < t_n$. Кроме того точность системы с регулятором выше: область, в которой колеблется агент вокруг объекта поиска при его нахождении, в системе с регулятором приблизительно в два раза меньше, чем для системы без регулятора.

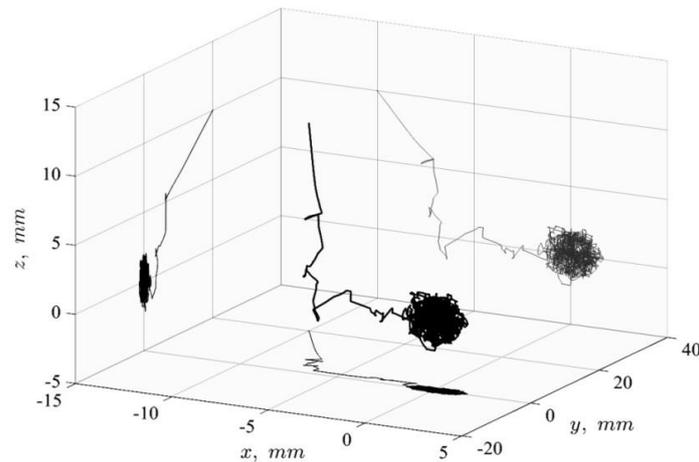


Рис. 2. Поисковое поведение поисковой системы с нечетким регулятором в трехмерном пространстве

Сравнивая рис. 1 и рис. 2, можно заметить, что пространственные блуждания агента в окрестностях экстремума функции более локальны.

В качестве характеристики для сравнения принимают квадратичную норму вектора координат агента. При наличии в системе регулятора переходный процесс заканчивается раньше, чем в системе без регулятора, т.е. $t_n^{reg} < t_n$. Кроме того точность системы с регулятором выше: область, в которой колеблется агент вокруг объекта поиска при его нахождении, в системе с регулятором приблизительно в два раза меньше, чем для системы без регулятора.

В работе было получено и исследовано поисковое поведение интеллектуального агента, основанного на логистическом отображении и связывающего своей сущностью рассмотренные области знаний. Была получена математическая модель поисковой системы и проведено моделирование. Моделирование производилось для поиска экстремума функции в плоскости и в трехмерном пространстве с помощью дополненного алгоритма. Полученные результаты моделирования были проанализированы. Был синтезирован регулятор, основанный на нечеткой логике для величины шага, что позволило улучшить показатели существовавшей системы.

Литература

1. Непомнящих В.А., Подгорный К.А. Порождение правил поискового поведения динамической системой // IV-я Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2002». Сб. научных трудов. Ч. 1. – 2012. – С. 110–116.
2. May R.M. Simple mathematical models with very complicated dynamics // Nature. – 1976. – V. 261. – P. 459–467.
3. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – М.: Горячая линия-Телеком, 2006. – 384 с.



Гаврина Мария Андреевна

Год рождения: 1991

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6110

Направление подготовки: 231000 – Программная инженерия

e-mail: marygavrina@gmail.com

УДК 004.4'413; 004.4'414

РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГ ДОМЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ИЗ ИСХОДНОГО КОДА

М.А. Гаврина

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.М. Дергачев

Разработчики программного обеспечения часто сталкиваются с проблемой анализа чужого кода. Данная задача возникает по разным причинам, например, необходимо найти ошибку или доработать уже имеющийся функционал. Главный фактор данной проблемы – это сжатый срок, при этом процесс изучения чужого кода – занятие крайне трудоемкое. Поэтому инструменты и средства, позволяющие ускорить данный процесс, крайне востребованы.

Цель работы – создание инструмента, который позволит автоматически выявлять основные сущности и отношения между ними в разрабатываемой системе.

Цель работы аналогична задаче, решаемой процессом, под название реверс-инжиниринг. Чикофски и Кросс [1] (авторы первых статей, посвященных данной теме) называют реверс-инжиниринг «процессом анализа системы, выявляющим ее компоненты и отношения между ними, с целью создания представления системы в другой форме и на более высоком уровне абстракции».

Предназначением реверс-инжиниринга является улучшение понимания принципов работы программного обеспечения для его дальнейшей модификации и поддержки, так как случайно изменение части системы, совершенное без понимания, может привести к негативным последствиям вплоть до полного выхода из строя.

Главной задачей реверс-инжиниринга является увеличение общего уровня понимания системы для ее дальнейшего развития и новых разработок.

В данной работе приведен обзор существующих подходов к проведению реверс-инжиниринга. Ими являются:

1. чтение документации и исходного кода. Данный способ невозможен, если документация отсутствует, является неполной или содержит неточности, а чтение кода может занять слишком много времени, при этом необязательно, что после этого улучшится понимание системы;
2. запуск системы и анализ трассировки. Данный способ неудобен тем, что программа может генерировать большое количество сообщений за маленький промежуток времени, из которых сложно выделить самые важные;
3. опрос пользователей и разработчиков системы. Данный подход может дать важную информацию о структуре и функционале системы, однако эта информация может быть субъективной, и ее сложно формализовать. К тому же, часто разработчики оригинальной системы недоступны;
4. использование утилит для создания высокоуровневых моделей на основе исходного кода (в частности UML-диаграммы). Данный способ широко используется;
5. анализ истории версий системы. Данный способ может предоставить информацию об эволюции программы и возможных ее изменениях в будущем;

6. использование утилит для расчета различных метрик. Данный способ позволяет получить информацию о количестве и качестве разработанного кода.
7. синтез доменных моделей на основе исходного кода.

Последний способ является разновидностью способа 4, однако его отличием является тот факт, что у него не существует автоматизированного средства проведения. Работы, посвященные синтезу доменных моделей (например, [2]), предполагают только ручной подход. Между тем их создание может помочь разработчикам более эффективно разобраться в существующем исходном коде. Доменная модель является подвидом обычной UML-диаграммы классов и отображает только основные сущности, используемые в программе, а также их атрибуты и отношения между ними. Такая модель более абстрактна, чем обычная диаграмма классов и не учитывает многослойной архитектуры современных приложений, поэтому обычно несколько программных классов отображаются на одну сущность доменной модели. Таким образом, доменная модель обладает важным преимуществом – она более наглядна в использовании для пользователей и разработчиков.

В настоящей работе автором создан алгоритм автоматического создания доменных моделей из исходного кода программ. На рисунке представлена общая схема его работы.



Рисунок. Общая схема работы алгоритма

Его можно разделить на несколько этапов.

1. Построение синтаксического дерева из исходного кода. На данном этапе происходит анализ файлов с исходным кодом. В тексте программы распознаются ключевые слова используемого программного языка (этап лексического анализа), затем на основе грамматики данного языка строится синтаксическое дерево каждого файла (этап синтаксического анализа). Данный этап похож на работу компиляторов программного кода.

Программно данный этап реализуется с помощью библиотеки Antrl 4 [3], свободно распространяемого инструмента для синтаксического анализа исходного кода программ.

2. Выявление названий сущностей. На данном этапе происходит обход каждого из сгенерированных синтаксических деревьев и поиск ключевых узлов. Так как целью данного алгоритма является генерация доменной модели программы, то необходимо найти те узлы, которые отвечают за названия классов, методов и полей. Именно из этих элементов состоят сущности доменной модели.

После нахождения нужных узлов происходит поиск наиболее часто встречающихся в них слов и сочетаний букв. Эти слова и будут являться названиями сущностей доменной модели.

При этом стоит учитывать, в каких именно узлах синтаксического дерева встретилась данная сущность. От этого будет зависеть, станет ли она полноценной сущностью доменной модели или же лишь атрибутом.

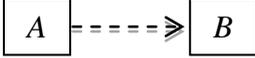
Также важно заметить и то, что одна и та же сущность может встречаться в разных классах – тогда выбор атрибутов данной сущности должен основываться на анализе всех классов, где она встречается.

3. Фильтрация и объединение сущностей. На данном этапе производится работа по убиранию «лишних» сущностей из готовой доменной модели – выявление и исправление опечаток, а также объединение словоформ (например, единственное и множественное число).

Программно данный этап реализуется с помощью библиотеки Hunspell [4].

4. Поиск отношений между сущностями. Отношения между сущностями доменной модели не отличаются от отношений между классами в диаграмме классов. Поэтому задачей алгоритма на данном этапе является поиск шаблонов, представленных в табл. 1.

Таблица 1. Типы отношений

| Отношение | Реализация в коде |
|--|---|
| Ассоциация/агрегация  | <code>class A { B b; }</code> |
| Зависимость  | <code>class A { void f(B b) { b.g(); } }</code> |
| Обобщение  | <code>class A: B</code> |

Описанный алгоритм автоматического создания доменной модели реализован в виде консольного приложения на языке Java. На вход это приложение принимает коллекцию файлов, являющихся исходным текстом какой-либо программы.

Для того чтобы проверить правильность разработанного алгоритма и приложения, были отобраны 4 приложения, написанные на языке Java с количеством классов не менее 20. Для каждого из этих приложений было составлено две доменные модели: ручная, с помощью документации приложения (модель *A*), и автоматическая, с помощью разработанного приложения (модель *B*).

Для проверки правильности составленных моделей были составлены следующие метрики (табл. 2).

Таблица 2. Типы метрик для валидации алгоритма

| Название | Формула |
|---|--|
| Процент найденных сущностей (E_r) | $E_r = \frac{N'}{N} \times 100\%$ |
| Процент лишних сущностей (E_w) | $E_w = \frac{(N' - N)}{N} \times 100\%$ |
| Процент найденных атрибутов (A_r) | $A_r = \frac{\sum_{i=1}^{N'} A'_i}{\sum_{j=1}^N A_j} \times 100\%$ |
| Среднее количество лишних атрибутов на сущность (A_k) | $A_w = \frac{(\sum_{i=1}^{N'} A'_i - \sum_{j=1}^N A_j)}{\sum_{j=1}^N A_j} \times 100\%, \quad A_k = \frac{A_w}{N}$ |

| Название | Формула |
|---------------------------------------|---|
| Процент найденных отношений (R_r) | $R_r = \frac{R'}{R} \times 100\%$ |
| Процент лишних отношений (R_w) | $R_w = \frac{(R' - R)}{R} \times 100\%$ |

Обозначения в табл. 2: N' – количество сущностей в сгенерированной доменной модели; N – количество сущностей в готовой доменной модели; A'_i – количество атрибутов у сущности i в сгенерированной доменной модели; A_j – количество атрибутов у сущности j в готовой доменной модели; A_w – общее количество лишних атрибутов в сгенерированной доменной модели; R' – количество отношений в сгенерированной доменной модели; R – количество отношений в готовой доменной модели.

Результатом эксперимента является вывод, что реализованный в данной работе алгоритм способен успешно находить почти все используемые в программе сущности, а также их отношения и атрибуты.

Таким образом, в данной работе произведен обзор основных подходов к проведению реверс-инжиниринга. Для подхода «создание доменных моделей» в работе был предложен алгоритм его автоматизированного проведения. Наконец, этот алгоритм был реализован в виде приложения, которое было проверено на нескольких реальных программных системах.

Литература

1. Chikofsky E.J., Cross J.H. II. Reverse Engineering and Design Recovery: A Taxonomy. // IEEE Software. – 1990 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://win.ua.ac.be/~lore/Research/Chikofsky1990-Taxonomy.pdf>, своб.
2. Ratiu D. Reverse Engineering Domain Models from Source Code [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.researchgate.net/publication/254201598_Reverse_Engineering_Domain_Models_from_Source_Code, своб.
3. Antlr [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.antlr.org/>, своб.
4. Hunspell [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hunspell.sourceforge.net/>, своб.



Гришуков Тимур Радикович

Год рождения: 1991

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра технологии приборостроения, группа № 6657

Направление подготовки: 200100 – Приборостроение

e-mail: snowx69@mail.ru

УДК 621.7.015+678

**ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ЛИТЬЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИМЕРНОЙ ЛИНЗЫ
НА ОСНОВЕ РОБАСТНОГО МЕТОДА**

Т.Р. Гришуков

Научный руководитель – к.т.н., доцент С.Д. Васильков

Одним из направлений производства оптических изделий является литье прозрачного полимера под давлением в литьевую форму с его последующим отвердеванием. Большинство исследований по этой теме посвящено улучшению качества изготавливаемого объекта за счет улучшения геометрической точности и качества поверхности формообразующей оснастки. Это обусловлено рядом причин, например:

- геометрическая точность формообразующей поверхности прямо влияет на геометрическую точность оптического изделия;
- параметры поверхности формообразующей в большей степени наследуются отвердевшим внутри нее полимером.

Однако развитие теории и практики литья под давлением привело к изменению представлений о получении требуемого качества оптических изделий из полимерных материалов. Так, улучшить характеристики изготавливаемого изделия стало возможным, помимо улучшения качества оснастки, путем подбора оптимальных технологических режимов процесса литья [1].

Оптимизации режимов литья посвящено достаточно много трудов, в том числе оптимизации режимов литья для полимерной оптики на основе робастного метода Тагути [2]. Данное исследование отличается от многих тем, что, во-первых, поиск оптимальных режимов осуществлялся для реального оборудования – современной литьевой машины, во-вторых, в качестве опытных образцов были исследованы реальные, отлитые, согласно плану эксперимента, полимерные неизображающие линзы из поликарбоната, в-третьих исследование направлено на получение точностных характеристик поверхности линзы (шероховатости) и радиуса кривизны оптической части, которые задаются конструкторами в чертеже, а не оптических параметров.

Целью работы являлось исследование и получение оптимальных режимов литья под давлением для полимерной линзы на основе статистических данных измерений параметров изделия при робастном подходе.

Для достижения цели требовалось решить ряд следующих задач:

- обосновать выбор используемого в эксперименте оборудования и метода;
- составить план эксперимента с учетом метода Тагути;
- изготовить опытные образцы согласно плану эксперимента;
- исследовать влияние факторов на параметры объекта исследования;

- провести статистический анализ по определению факторов влияния и определению оптимальных режимов литья;
- провести контрольное испытание на основе выбранных оптимальных режимах литья под давлением.

В эксперименте, ввиду многих преимуществ, была выбрана литьевая машина, оснащенная электрическими приводами Ferromatik Milacron ELEKTRA evolution 30-55.

Для проведения 4-факторного эксперимента были выбраны четыре фактора – режима литья. Для каждого выбранного фактора, согласно технологической документации на используемый материал поликарбонат Makrolon® LED2245, фирмы Bayer Material, были подобраны три уровня, на которых, согласно документации, возможно изготовление (табл. 1). Целью оптимизации, в данном случае, является нахождение конкретного уровня для каждого из факторов, относительно заданных шероховатости поверхности вогнутой части линзы, радиуса вогнутой части линзы и массы отливок.

Таблица 1. Факторы и уровни эксперимента

| Фактор | | Уровни | | |
|--------|---------------------------------------|--------|-------|-------|
| | | L_1 | L_2 | L_3 |
| A | Температура расплава (°C) | 270 | 280 | 290 |
| B | Скорость впрыска (см ³ /с) | 5/0,8 | 9/0,3 | 5 |
| C | Давление выдержки (МПа) | 40 | 60 | 80 |
| D | Время выдержки на охлаждение (с) | 10 | 25 | 40 |

На основании ортогонального массива L_9 , по полученным сочетаниям факторов, были изготовлены 9 партий по 13 отливок, по две линзы в отливке. Измерение массы отливок проводилось на весах Sartorius CPA64, а радиуса и шероховатости на профилемере Hommel Tester T8000. Каждая отливка и линзы в отливке были измерены.

В рамках эксперимента согласно методу Тагути, сначала, мы получили соотношение сигнал/шум для каждого опыта. Расчет S/N производился по формуле

$$SN_i = -10 \log_{10} \frac{1}{N_i} \sum_{u=1}^{N_i} \frac{1}{y_u^2},$$

где N_i – количество наблюдений в эксперименте, в нашем случае 13 для Rz и массы и 5 для радиуса, а y_u – значение измеренного параметра-сигнала в опыте. Данная формула в методе Тагути относится к разряду меньше – лучше. Это значит, что при дальнейшем анализе расчетов уровень фактора, имеющий меньшее значение, будет отражать меньшее значение параметра сигнала. Например, фактор и уровень, имеющий по Rz меньшее соотношение сигнал/шум, при его использовании, будет давать меньший показатель Rz. Полученные значения находятся в табл. 2.

Таблица 2. Соотношение сигнал/шум для каждого опыта

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | среднее |
|--------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|---------|
| Масса, η (dB) | 14,79 | 14,85 | 14,92 | 14,87 | 14,93 | 14,81 | 14,95 | 14,82 | 14,88 | 14,87 |
| Rz, η (dB) | -24 | -27,96 | -27,96 | -22,02 | -24,33 | -24,55 | -18,2 | -23,1 | -20,7 | -23,65 |
| R, η (dB) | 31,3 | 31,17 | 31,06 | 31,15 | 31,07 | 31,28 | 31,06 | 31,21 | 31,14 | 31,16 |

Далее, по методу Тагути, для каждого исследуемого параметра требуется соотнести полученные значения соотношения сигнал/шум с уровнями и факторами.

Для этого, основываясь на ортогональном массиве L_9 , производим расчет по сочетаниям, приведенным в табл. 3 среднего значения сигнал шум.

Таблица 3. Сочетания SN_i для уровней и факторов эксперимента

| | A | B | C | D |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| L_1 | 1,2,3 | 1,4,7 | 1,6,8 | 1,5,9 |
| L_2 | 4,5,6 | 2,5,8 | 2,4,9 | 2,6,7 |
| L_3 | 7,8,9 | 3,6,9 | 3,5,7 | 3,4,8 |

По данным расчета для массы можно судить о том, что фактор «С» оказывает наибольшее влияние на массу, при этом по степени влияния факторы распределились в следующем порядке – С, А, D, В. По результатам расчетов мы построили диаграмму (рис. 1), буквы легенды которого соответствуют факторам эксперимента.



Рис. 1. S/N для массы по факторам и уровням

По графику видно, что фактор С оказывает большее влияние, чем другие, и при уровне L_1 мы будем иметь меньшую массу, а при L_3 соответственно большую. Рассчитанное значение массы по объему 3D-модели отливки лежит в средней области результатов измерений массы соответственно оптимальным для массы будет выбор фактора С и уровня L_2 .

Для проверки результатов расчета, мы провели дисперсионный анализ данных (ANOVA).

Для 4-факторного эксперимента с тремя уровнями критическое значение критерия Фишера $F(0,05)=4,10$. Факторы, имеющие значения по показателю F больше, чем критическое, имеют больше влияния на исследуемый параметр-сигнал, и большую степень доверия. Так дисперсионный анализ показал, что фактор С имеет, в процентном соотношении, 88% влияние на массу, а все остальные факторы имеют слишком малое влияние, и при оптимизации их можно не учитывать.

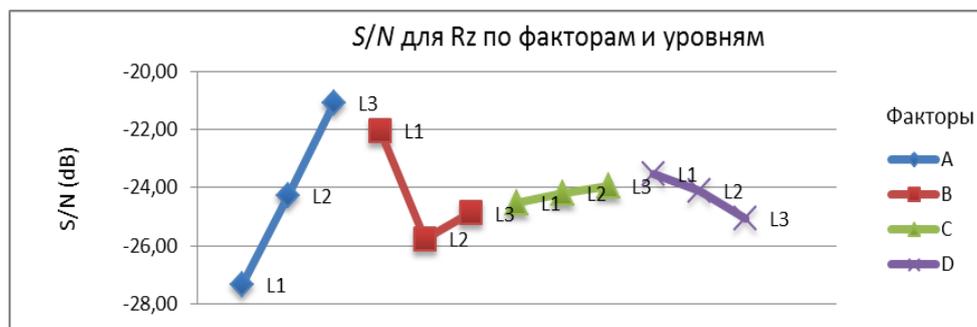


Рис. 2. S/N для Rz по факторам и уровням

По данным расчета для R_z можно судить о том, что фактор А оказывает наибольшее влияние на параметр R_z , при этом по степени влияния факторы распределились в следующем порядке – А, В, D, С. По результатам расчетов мы построили график (рис. 2), буквы легенды которого соответствуют факторам эксперимента.

По данному графику видно, что фактор А оказывает большее влияние, чем другие, и при уровне $L1$ мы будем иметь меньший показатель по параметру R_z , а при $L3$ соответственно больший. Оптимальным в рамках нашего эксперимента для линзы будет выбор именно фактора А с уровнем $L1$. Однако по графику также видно, что факторы В и D также оказывают влияние на параметр R_z . Как и для массы, для проверки результатов расчета, мы провели дисперсионный анализ данных (ANOVA). Согласно данным анализа только фактор А имеет значение критерия Фишера больше критического. Это значит, что остальные факторы оказывают незначительное влияние. Однако фактор В, в сравнении с факторами С и D, все-таки имеет существенное влияние, поэтому согласно графику мы примем во внимание его влияние и выберем в качестве оптимального уровня для В – $L2$.

По результатам расчета для радиуса можно понять, что фактор С оказывает наибольшее влияние на радиус линзы, при этом по степени влияния факторы распределились в следующем порядке – С, А, D, В. По результатам был построен график (рис. 3), буквы легенды которого соответствуют факторам эксперимента.



Рис. 3. S/N для радиуса по факторам и уровням

У полученного графика мы можем наблюдать сходство по фактору С с графиком, полученным для массы (рис. 1). Однако здесь мы имеем обратную зависимость. Для оптических изделий большую важность имеет геометрическая точность заданных размеров, поэтому, оптимальным для нас будет фактор С с уровнем $L3$.

Дисперсионный анализ (ANOVA) результатов расчета показал, что только фактор С имеет достаточно высокую степень влияния. Степень влияния других факторов незначительна, и их можно не учитывать.

Для проверки результатов исследования проведено контрольное литье. Для достоверности эксперимента был использован тот же материал, литьевая машина и средство измерений. Собранные, данные измерений шероховатости поверхности по R_z , радиуса R вогнутой части линзы и массы отливок подтвердили, что найденные в ходе эксперимента уровни факторов являются оптимальными. Оптимизация позволила получить стабильный высокопроизводительный процесс и улучшить качество изделия. Было исследовано влияние температуры расплава, скорости впрыска, давление выдержки, времени выдержки на охлаждение на исследуемые показатели, шероховатость поверхности вогнутой части линзы, радиус вогнутой части линзы и массу отливок. В дальнейшем, по изготовленным опытным образцам, возможно провести исследование по выявлению влияния выбранных в эксперименте факторов на иные геометрические, механические и оптические показатели линзы.

Литература

1. Lo W.C., Tsai K.M., Hsieh C.Y. Six Sigma approach to improve surface precision of optical lenses in the injection-molding process // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2009. – V. 41. – P. 885–896.
2. Леон Р., Шумейкер А., Тагути Г. и др. Управление качеством. Робастное проектирование. Метод Тагути / Пер с англ. – М.: СЕЙФИ, 2002. – 384 с.



Грудина Анна Михайловна

Год рождения: 1992

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6110

Направление подготовки: 231000 – Программная инженерия

e-mail: niussymiuchy@gmail.com

УДК 004.05

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД ОБРАТНОЙ СЕМАНТИЧЕСКОЙ ТРАССИРОВКИ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ СХЕМ

А.М. Грудина

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.М. Дергачев

В современной литературе и публикациях по разработке корпоративного программного обеспечения утверждается, что значительная часть ошибок (более половины от общего числа) совершается на ранней стадии разработки при определении требований к проекту и построении модели разрабатываемой системы. Цена этих ошибок велика, так как они могут быть выявлены уже после создания архитектуры проекта и написания существенного количества строк кода, а их исправление повлечет за собой значительные изменения в базе проекта. Несмотря на это, рабочему потоку тестирования в существующих технологиях разработки программного обеспечения уделяется внимание только на поздних этапах.

Первопричины столь большого числа ошибок на ранней стадии разработки заключаются в следующем:

1. требования к разрабатываемой системе не ясны всем вовлеченным в создание проекта лицам;
2. описание модели достаточно поверхностно или выполнено только с бизнес-стороны и при этом технические аспекты реализации не описаны и (или) не учтены;
3. видение будущей системы и понимания сути проекта (и каждого частного функционального нововведения) для каждого из вовлеченных лиц является различным и достаточно часто противоположным;
4. непонимание бизнес-процесса, который автоматизируется системой, в целом (сложная бизнес-логика и (или) специфическая бизнес-область);
5. субъективность видения модели бизнес-процесса и артефактов, входящих в нее, ее составителем;
6. требования составлены с некоторыми ошибками, которые приведут к неверной их трактовке и дальнейшей разработке системы, автоматизирующей бизнес-процесс, частично или полностью некорректной;
7. требования к системе составлены сторонним лицом (посредником) между командой разработки и заказчиком.

Изначально модель бизнес-процесса представляет собой разбиение по описательным аспектам на несколько различных концептуальных схем, каждая из которых рассматривает бизнес-процесс с различных сторон и отличается от другой по содержанию и пониманию бизнес-функций, как представлено на рис. 1.



Рис. 1. Взаимосвязь между моделью бизнес-процесса и концептуальными схемами вовлеченных лиц

Таким образом, при учете всех выше перечисленных проблем, концептуальная схема каждого из участников процесса разработки имеет существенное отклонение в сравнении с исходной моделью бизнес-процесса.

В дальнейшем, это выражается в реализации системы, частично или полностью отличной от целевой и являющейся некорректной относительно исходной бизнес-модели. Неверной в данном контексте означает реализующей бизнес-модель (и (или) ее частные бизнес-функции), которая отличается от исходной модели в связи с теми или иными причинами, описанными выше.

Основной проблемой, решаемой в данной работе, являлось преодоление существенных искажений исходной модели бизнес-процесса при ее исходном составлении и при ее представлении лицам, вовлеченным в процесс разработки (концептуальные схемы модели бизнес-процесса и модели системы различны для каждого из вовлеченных лиц) и достижения полноты модели системы.

Таким образом, **целью работы** являлась разработка метода валидации и верификации исходной бизнес-модели, представленной множеством артефактов.

В работе были рассмотрены различные методы статического тестирования для решения задачи обеспечения качества на ранних стадиях разработки. Методы динамического тестирования не были включены в рассмотрение в связи с тем, что они применимы только для исполняемых артефактов системы. Из методов статического тестирования был выбран, как наиболее подходящий для решения поставленных задач, метод обратной семантической трассировки. Данный метод удовлетворяет большому числу требований работы, представляет собой формализованный процесс, является расширяемым в точках, где требования не достигнуты, и пригодным для частичной автоматизации. Таким образом, при условии модификации исходного метода обратной семантической трассировки, он будет удовлетворять требованиям данной работы к искомому методу. Также был рассмотрен набор входных артефактов для сравнения в процессе тестирования, представленный UML-диаграммами классов и деятельности. Для формализации процесса сравнения выбрано представление всех входных артефактов в форме графовой модели, определение и конечное описание которой имеет следующий вид:

$$G = (V, A)$$

$$\forall a \in A: a \rightarrow [atr1, atr2, \dots atrN], N \rightarrow \mathbb{N}$$

$$\forall v \in V: v \rightarrow [atr1, atr2, \dots atrM], M \rightarrow \mathbb{N},$$

где V – непустое множество вершин; A – множество дуг; $atrN$ – некоторый атрибут, описывающий вершину или дугу; N – конечное число атрибутов; M – конечное число дуг.

Модель для данной работы представляет собой взвешенный ориентированный граф с атрибутами для вершин и дуг.

Следующим шагом в работе стала модификация исходного метода обратной семантической трассировки для достижения всех требований к методу.

Структура полученного модифицированного метода обратной семантической трассировки представлена на рис. 2. Подробное описание всех шагов и этапов в данной структуре представлено в тексте данной работы.

Модификация включает в себя структурные изменения в методе:

- объединение логически связанных этапов исходного метода в отдельные этапы конечного метода;
- разделение этапа хода тестирования на отдельные фазы;
- добавление дополнительных фаз сравнения преобразованных UML-моделей с эталонной моделью, где за эталонную модель берется одна из преобразованных моделей или модель, существующая в проекте до проведения текущей сессии тестирования.

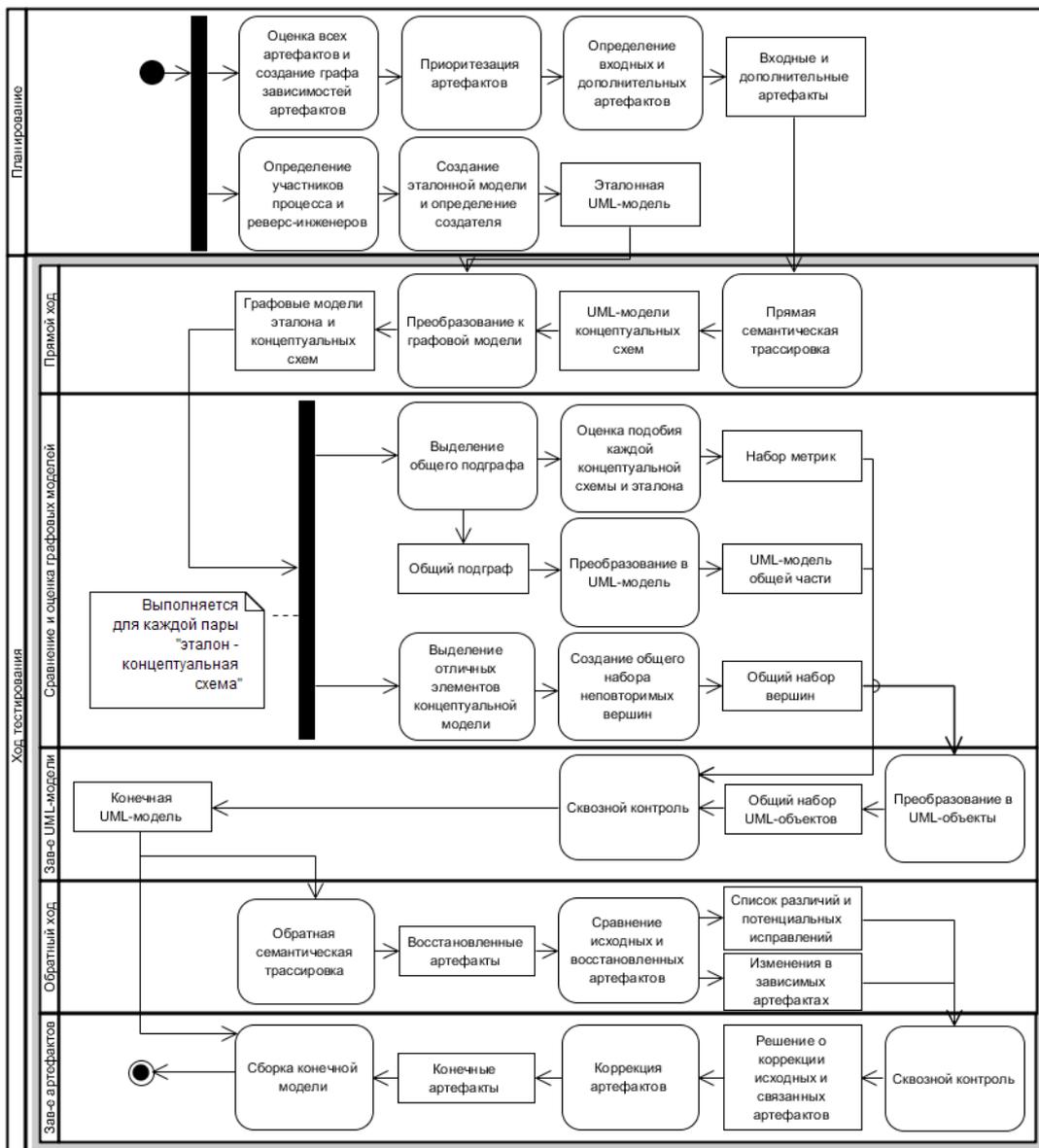


Рис. 2. Процесс модифицированной обратной семантической трассировки

В ходе реструктуризации метода расширен круг вовлеченных лиц проекта с целью покрытия большего числа описательных аспектов системы, выраженных через концептуальные схемы. Сравнение моделей, представляющее собой узкое место исходного метода, является автоматизированным в модификации.

Автоматизированная часть модифицированного метода обратной семантической трассировки выполняет сравнение UML-моделей через сравнение графов и выделение общего подграфа. В автоматизированный процесс также включен расчет коэффициента подобия модели концептуальной схемы одного из участников процесса тестирования эталонной UML-модели, на основе которого можно судить об эталонной модели и ее качестве. Выходом автоматизированной части является UML-модель общей части сравниваемой концептуальной схемы и эталона, набор отличных элементов (классов, интерфейсов и т.д.) и коэффициенты подобия сравниваемых моделей, их связей и объектов.

Завершающим шагом работы является экспериментальное подтверждение работоспособности автоматизированной части метода и оценка требований с точки зрения их полного обеспечения модифицированным методом.

Модифицированный метод обратной семантической трассировки является статическим методом тестирования бизнес-модели на ранних стадиях разработки корпоративного программного обеспечения с учетом ключевых аспектов, выявление ошибок в тестируемой модели и ее своевременную коррекцию.

Литература

1. Павлов В.Л., Жереб К.А., Дорошенко А.Е., Сергиенко В.И. Метод обратной семантической трассировки для контроля качества в гибкой разработке программных проектов // Проблемы програмування. – 2008. – № 2–3. – С. 211–218.
2. Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К. Алгоритмы. Построение и анализ. – М.: Вильямс, 2013. – 1328 с.
3. Костюкова Н.И. Графы и их применение. Комбинаторные алгоритмы для программистов. Учебное пособие. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2007. – 311 с.
4. Домнин Л.Н. Элементы теорий графов. Учебное пособие. – Пенза: Изд-во Пензенского государственного университета, 2007. – 144 с.
5. Wong Y.K. Modern Software Review: Techniques and Technologies. – IRM Press, 2006. – 234 p.
6. Pavlov V., Boyko N., Babich A. First Experience of Using INTSPEI P Modeling Framework in Software Development Projects // Problems in Programming. – 2007. – № 2. – P. 68–75.
7. ISO/IEC 25000 Software engineering – Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). – Guide to SQuaRE. Geneva, Switzerland: ISO, 2005. – 57 p.
8. Deimel L.E., Rifkin S. Applying Program Comprehension Techniques to Improve Software Inspections [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19950024820.pdf>, своб.
9. Antoniol G., Canfora G., Casazza G., Lucia A.D. and Merio E. Recovering traceability links between code and documentation // IEEE Transactions on Software Engineering. – 2002. – № 28(10). – P. 970–983.
10. Navigli R. and Ponzetto S. BabelNet: The Automatic Construction, Evaluation and Application of a Wide-Coverage Multilingual Semantic Network // Artificial Intelligence. – 2012. – V. 193. – P. 217–250.
11. Erik van Veenendaal (Bonaire) Standard glossary of terms used in Software Testing [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rstqb.org/fileadmin/user_upload/redaktion/rstqb_ru/downloads/ISTQB_Glossary_English_v2.3.pdf, своб.



Железняков Артём Сергеевич

Год рождения: 1992

Факультет инфокоммуникационных технологий,
кафедра программных систем, группа № 6997

Направление подготовки: 210700 – Инфокоммуникационные
технологии и системы связи

e-mail: a.zheleznyakof@yandex.ru

УДК 004.021

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ
И ИДЕНТИФИКАЦИИ САЙМЕНСКОЙ НЕРПЫ**

А.С. Железняков

Научный руководитель – к.т.н., доцент Т.Е. Войтюк

Работа выполнена в рамках стажировки в Лаппеенрантском технологическом университете.

Сайменская нерпа – один из самых редких подвидов нерпы в мире, живущий в озере Саймаа в Финляндии. В настоящее время в природе осталось всего около 300 особей сайменской нерпы, и она находится под угрозой исчезновения. В целях недопущения окончательного вымирания вида необходимо осуществлять постоянный мониторинг жизнедеятельности оставшихся тюленей.

Для решения этой непростой задачи в настоящее время биологи вынуждены вылавливать тюленей из озера и устанавливать специальные датчики на тело животных. Этот способ имеет очевидные недостатки в связи с необходимостью постоянно проверять наличие датчиков и искать новые особи. Также регулярный стресс, получаемый тюленями в процессе поимки, негативно отражается на жизненных процессах и здоровье нерпы в целом.

Wildlife photo identification – это технология, позволяющая различать особей и отслеживать перемещения популяции животных с течением времени. Она основана на получении снимков сайменской нерпы и дальнейшей обработке изображения с целью сегментации и идентификации животного. Данный подход является реализуемым, вследствие наличия на спине тюленей особого рисунка, состоящего из темных точек и светлых серых кругов. Этот рисунок уникален для каждой особи сайменской нерпы, и наличие достаточного количества фотографий предполагает точный результат идентификации животного.

В настоящей работе был предложен алгоритм автоматической идентификации сайменской нерпы, основанный на результатах обработки изображений. В рамках подготовки данной работы были предложены и решены следующие задачи:

1. произведен обзор современных методик сегментации изображений и идентификации животных;
2. выбраны наиболее подходящие к исследуемой области методы и подходы;
3. произведена ручная аннотация (обработка) изображений для проверки точности работы алгоритма;
4. разработан алгоритм автоматической сегментации изображения сайменской нерпы и классификации сегментов на принадлежность 2 классам: тюлень, фон;
5. разработан алгоритм автоматической идентификации особей сайменской нерпы;
6. найдены параметры работы алгоритмов, обеспечивающие получение оптимальной точности;

7. произведено тестирование различных дескрипторов сегментов изображения и алгоритмов классификации.

Разработанный алгоритм идентификации сайменной нерпы состоит из двух основных этапов: сегментация изображения и идентификация. На первом этапе происходит автоматическое обнаружение тюленя на фотографии и отделение сегмента, содержащего особь, от остального фона. Далее на этапе идентификации из полученного сегмента изображения с нерпой извлекаются дескрипторы текстуры кожи тюленя и вычисляются наиболее вероятные классы тюленей.

Разработанный алгоритм сегментации изображения сайменной нерпы состоит из трех этапов:

1. кластерная сегментация;
2. обучение классификатора;
3. классификация сегментов.

На первом этапе изображение делится на многочисленные сегменты автоматически благодаря использованию кластерного подхода. На втором этапе классификатор обучается признаками (дескрипторами), полученными от сегментов, классифицированных вручную как 2 класса: тюлень или фон. На третьем этапе обученный классификатор используется для автоматической классификации сегментов новых тестовых изображений, давая на выходе только один суммарный сегмент, содержащий обнаруженную нерпу. Основные этапы работы алгоритма сегментации сайменной нерпы представлены на рисунке, а.

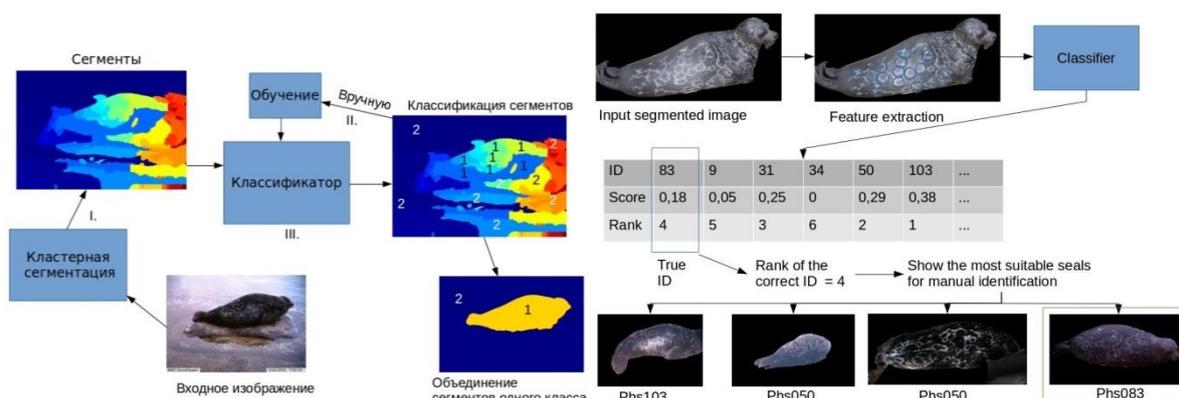


Рисунок. Алгоритм автоматической сегментации (а) и идентификации (б) изображения сайменной нерпы

Во второй части работы – идентификации тюленей, были использованы сегментированные изображения полученные на этапе сегментации. Алгоритм идентификации также состоит из нескольких этапов. В первую очередь из сегментированного изображения нерпы извлекаются дескрипторы, характеризующие текстуру кожи животного. Далее эти признаки передаются заранее обученному классификатору, который вычисляет вероятности принадлежности данного изображения разным классам тюленей. Как результат, лучший набор возможных классов передается специалистам для дальнейшего ручного выбора подходящего класса. В оптимальном случае лучший набор состоит из одного класса, и специалист не нужен. Основные этапы разработанного алгоритма идентификации сайменной нерпы представлены на рисунке, б.

Результатом работы классификатора является таблица возможных классов тюленей. Строка Score отображает вероятность принадлежности текущей фотографии данному классу тюленей. Ранг (Rank) показывает счет текущего класса тюленей, где ранг равный 1 относится к классу с максимальной вероятностью.

В данной работе была использована уникальная база изображений сайменной нерпы, предоставленная биологами из университета Восточной Финляндии. База

содержит фотографии 131 особи нерпы, в общем количестве 785 изображений. На большинстве фотографий изображена одна особь в дикой природе или в охраняемом заповеднике. Однако в процессе исследования было установлено, что многие изображения имеют сильные искажения, связанные, например, с наложением различных объектов на рассматриваемую область тюленя, низким контрастом, или повышенной яркостью. В связи с этим для дальнейшей работы были выбраны 363 фотографии с удовлетворяющим качеством и не содержащие перечисленные искажения, которые могут значительно снизить точность компьютерной идентификации.

В ходе первой части работы были протестированы 6 дескрипторов текстуры сегментов изображения и 3 классификатора. К наиболее важным дескрипторам, рассмотренным в работе относятся: сегментационный фрактальный анализ текстуры (Segmentation-based Fractal Texture Analysis, SFTA) [1], локальные бинарные шаблоны с гистограммой Фурье (Local Binary Pattern Histogram Fourier, LBP) [2], локальное фазовое квантование (Local Phase Quantization, LPQ) [3]. Среди использованных классификаторов: байесовский классификатор (Naive Bayes), классификатор k -ближайший соседей K-Nearest neighbors, и классификатор, основанный на методе опорных векторов (Support Vector Machines). Результаты тестирования дескрипторов в связке с различными классификаторами на этапе сегментации представлены в таблице.

Таблица. Результаты тестирования дескрипторов в связке с различными классификаторами на этапе сегментации

| Дескриптор\классификатор | K-NN | Naive Bayes | SVM |
|--------------------------|------|-------------|------|
| Цвет | 0,04 | 0,00 | 0,24 |
| Удаленность от центра | 0,64 | 0,52 | 0,00 |
| Площадь | 0,12 | 0,12 | 0,00 |
| SFTA | 0,24 | 0,52 | 0,44 |
| LBP | 0,32 | 0,00 | 0,28 |
| LPQ | 0,60 | 0,00 | 0,81 |

В результате проделанной работы был разработан алгоритм автоматической идентификации сайменской нерпы, использующий на входе одно изображение и включающий в себя следующие этапы:

1. провести кластерную сегментацию изображения, основываясь на методе ультраметрической контурной карты [4];
2. классифицировать полученные сегменты двумя классами (тюлень, фон) используя SVM-классификатор, обученный LPQ-дескриптором, извлеченным из тренировочного набора изображений;
3. соединить полученные сегменты нерпы в один большой сегмент;
4. извлечь SFTA-дескриптор текстуры кожи тюленей из полученного сегмента;
5. для всех возможных классов тюленей рассчитать вероятность принадлежности данного изображения, используя байесовский классификатор;
6. сортировать вероятности в убывающем порядке;
7. вернуть набор наиболее вероятных классов тюленей для изображения.

Целью работы было создание алгоритма идентификации сайменской нерпы, основанного на изображениях. Результаты экспериментов с различными компонентами помогли создать систему идентификации. В первую очередь был произведен обзор темы идентификации животных и выявлен возможный путь решения со всеми сопутствующими проблемами. Были разработаны и протестированы алгоритмы сегментации и идентификации, составляющие две главные компоненты рассматриваемой системы. Была создана база изображений сайменской нерпы удобная для экспериментов в области компьютерного зрения. В итоге, все алгоритмы были

протестированы с данной базой изображений. Полученные результаты открывают пути для дальнейших исследований в области идентификации сайменной нерпы. Разработанная система может быть в дальнейшем улучшена за счет использования большей базы изображений, а также подборки оптимальных параметров. Система показала многообещающие результаты и имеет возможность практической реализации.

Литература

1. Costa A.F., Humpire-Mamani G. and Traina A.J.M. An efficient algorithm for fractal analysis of textures // In 25th Conference on Graphics, Patterns and Images (SIBGRAPI). – 2012. – P. 39–46.
2. Ahonen T., Matas J., He C. and Pietikäinen M. Rotation invariant image description with local binary pattern histogram fourier features // In Scandinavian Conference on Image, Analysis. – 2009. – V. 5575. – P. 61–70.
3. Ojansivu V. and Heikkilä J. Blur insensitive texture classification using local phase quantization // Image and Signal Processing. – 2008. – V. 5099. – P. 236–243.
4. Arbelaez P., Maire M., Fowlkes C. and Malik J. Contour detection and hierarchical image segmentation // IEEE Trans. Pattern Anal. – 2011. – № 33(5). – P. 898–916.



Зырянова Александра Евгеньевна

Год рождения: 1988

Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии, группа № иб369

Направление подготовки: 260200 – Биотехнология продуктов
из вторичных ресурсов животного происхождения

e-mail: neliel_@mail.ru

УДК 637

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЗАМОРОЖЕННОГО ДЕСЕРТА ПО ТИПУ СОРБЕТА ИЗ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

А.Е. Зырянова

Научный руководитель – д.т.н., профессор Т.П. Арсеньева

Работа выполнена в рамках темы госбюджетной НИР № 610461 «Биоконверсия пищевого сырья в производстве комбинированных продуктов».

Согласно Распоряжению Правительства Российской Федерации от 25 октября 2010 г. № 1873-р «Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года», создание диетических, лечебных и профилактических пищевых продуктов функционального назначения является одной из приоритетных задач внутренней политики государства.

По данным разных авторов в странах Западной Европы 10–20% мужчин и 20–25% женщин имеют избыточную массу тела или ожирение [1].

Особенностью ожирения является то, что оно часто сочетается с тяжелыми заболеваниями, приводящими к сокращению продолжительности жизни пациентов – сахарным диабетом, артериальной гипертензией, атеросклерозом, ишемической болезнью сердца и другими [2].

В этой связи проблема создания продуктов функционального назначения приобретает особую актуальность, а одним из путей предотвращения ожирения и связанных с ним заболеваний является разработка низкокалорийных молочных продуктов, в том числе и замороженных десертов.

Ассортимент мороженого и замороженных десертов в нашем государстве огромен и разнообразен. К сожалению, большинство из представленных продуктов не несут функциональной пользы для организма, а продуктов для специфических групп населения, таких как больные диабетом I и II типов, практически нет.

Анализируя литературные данные, можно сделать вывод, что одним из путей предотвращения ожирения является разработка низкокалорийных молочных продуктов, в том числе и замороженных десертов. В качестве объекта исследования нами выбран составной молочный замороженный десерт по типу «сорбета».

Экспериментальная часть работы выполнена в лабораториях кафедры ТМиПБТ Университета ИТМО в период с 20 марта 2014 по 30 апреля 2015 года.

Фруктовые компоненты в сорбетах составляют не менее 60% от общей массы фруктового мороженого [3]. Поэтому для замороженного десерта из сыворотки молочной по типу сорбета необходимо было прежде всего подобрать именно эти компоненты.

На основании маркетингового исследования, было выяснено, что большая часть населения Российской Федерации в качестве наполнителя к молочным продуктам предпочитает ягодные наполнители. Учитывая данную информацию было решено приготовить ягодный микс.

Для этого было изготовлено три образца с миксом из ягод клюквы, брусник и черники в соотношении 1:1:1, 1:1:2, 1:1:3 соответственно. По результатам органолептической оценки, для дальнейшего использования в одной из будущих рецептур, было выбрано соотношение клюквы, брусники и черники – 1:1:3.

В ходе стажировки в Estonian University of Life Sciences, в городе Тарту было принято решение подобрать фруктовые компоненты для еще одной будущей рецептуры замороженного десерта – с учетом вкусовых предпочтений местного населения. Так были выбраны концентрированный облепиховый сок и яблочное пюре.

Для определения оптимальной вносимой дозы сока облепихового было изготовлено четыре смеси образца с концентрацией от 8% до 16%, с шагом 2%.

По органолептическим показателям была выбрана концентрация сока в количестве 10%.

Так как яблоки являются более экономически выгодными компонентами и основным источником сухих веществ в данном варианте рецептуры, то необходимо было установить такую их концентрацию, при которой их количество максимально, а консистенция готового продукта остается приемлемой.

Для этого было приготовлено шесть образцов смеси для замороженного десерта, в которых варьировали концентрацию яблочного пюре от 20% до 45%, с шагом 5%. Органолептическая оценка образцов представлена на рис. 1.

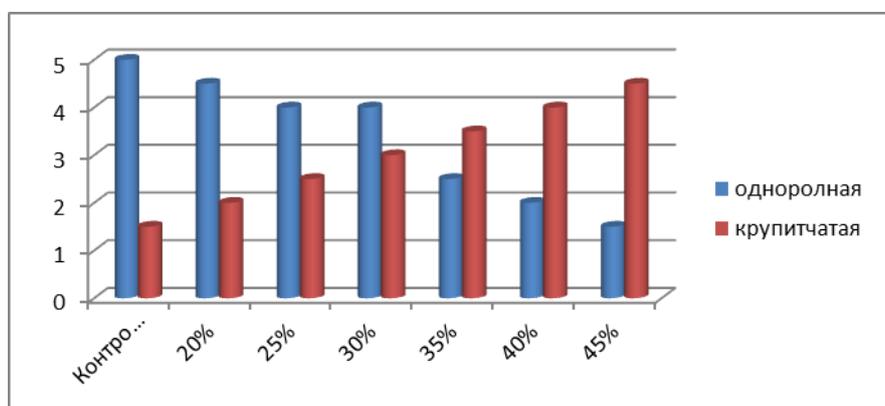


Рис. 1. Влияние концентрации яблочного пюре, на консистенцию смеси для замороженного десерта

Как видно из рис. 1 однородность консистенции по мере увеличения концентрации яблочного пюре уменьшается, а крошливость наоборот – нарастает. Наиболее однородным является образец с концентрацией яблочного пюре 20%, а наименее – с концентрацией 45%. Образец с концентрацией 30% был выбран для использования в дальнейшей работе.

Из рассматриваемых в литературном обзоре заменителей сахара выбор остановили на стевиозиде, изомальте, сиропе топинамбура и кленовом сиропе. Стевиозид и изомальт рекомендованы к применению при профилактике и лечении сахарного диабета первого и второго типа.

Также в последнее время в диетотерапии при заболевании сахарным диабетом рекомендуется использование сиропа топинамбура и кленового сиропа, так как они обладает сахароснижающей способностью, снижают давление, повышают гемоглобин, благотворно влияет на поджелудочную железу, было решено использовать в исследовании и их.

При расчете теоретических рецептур, с учетом ранее установленных доз внесения стевиозид (0,035%), мальтита (не более 5%) и сиропа топинамбура (5%), вкус сорбета был излишне кислым, поэтому возникла необходимость повысить сладость путем увеличения концентрации стевиозид. Для этого было изготовлено восемь образцов смеси, концентрацию дозы стевиозид в которых варьировали в пределах от 0,035% до 0,07%, с шагом 0,005%.

По результатам органолептической оценки даже минимальная доза стевиозид – 0,035% не подходит для данного типа продуктов – от данного сахараменителя пришлось полностью отказаться в дальнейшей работе.

Дальнейшее повышение сладости смеси для замороженного десерта из молочной сыворотки достигали путем изменения концентрации сиропа топинамбура – для этого приготовили четыре образца, в которых дозу сиропа варьировали в пределах от 5% до 12,5% с шагом 2,5%.

Из всех представленных к оценке образцов наиболее близким к контролю является образец с концентрацией сиропа топинамбура 10% – он обеспечивает достаточную сладость смеси и сиропистый привкус при данной дозе не столь выражен. В дальнейшей работе использовалась именно эта концентрация.

Дозу сиропа кленового выбирали с учетом установленных ранее концентраций сиропа топинамбура и вкусовых особенностей сиропа кленового – как более сладкого компонента, обладающего специфическим привкусом, характерным для данного вида наполнителя. Для исследования изготовили пять образцов, концентрацию которых варьировали в пределах от 8% до 10% с шагом 0,5%.

Для дальнейшей работы над рецептурой выбрали концентрацию 9,5% сиропа кленового.

Первоначально теоретически были рассчитаны две рецептуры с использованием сыворотки подсырной сухой деминерализованной.

Образцы мороженого, приготовленные по данным рецептурам, направляли во фризера периодического действия без принудительной подачи воздуха. На выходе мороженое имело температуру минус 5°C.

В дальнейшем в рецептуре № 1 сыворотка подсырная сухая деминерализованная была заменена на сыворотку подсырную натуральную, с расчетом на регионы, где есть сыродельные заводы (сыворотку подсырную сливают в канализацию), а также была рассчитана рецептура № 2, содержащая в своем составе и микс быстрозамороженных ягод брусники, черники и вишни, и яблочное пюре. Внешний вид представлен на рис. 2.



Рис. 2. Внешний вид образцов, изготовленных по рецептуре № 1 и № 2

1. В результате экспериментальных исследований, установлено соотношение для ягодного микса, состоящего из клюквы, брусники и черники – 1:1:3 соответственно, позволяющего получить продукт по типу сорбета, обладающего высокими потребительскими свойствами; определена доза внесения сока облепихового прямого отжима в количестве 10%, предельная концентрация яблочного пюре в количестве 30% от массы смеси – при данных концентрациях консистенция замороженного десерта по типу сорбета сохраняет однородную структуру и консистенцию.
2. Подобраны концентрации сиропа топинамбура 10% и кленового сиропа 9,5% от массы смеси, при которых достигается необходимая сладость вместо используемого ранее стевииозид, при котором ощущался специфический привкус.
3. Обоснован выбор стабилизатора Кремодан 334 в количестве 0,3%, при котором была достигнута более высокая взбитость 40%.
4. На основании теоретических и экспериментальных исследований разработаны технология и рецептуры десерта замороженного по типу сорбета, которые были представлены на конгрессах, выступлениях и конкурсах. Образец, приготовленный по одной из рецептур, занял призовое первое место на международном форуме «Питание и образ жизни как залог здоровья человека».

Литература

1. Савельева Л.В. Современная концепция лечения ожирения: клинические рекомендации для практикующих врачей // Фарматека. – 2007. – № 12 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pharmateca.ru/ru/archive/article/6901>, своб.
2. Бутрова С.А., Плохая А.А. Лечение ожирения: современные аспекты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rmj.ru/articles_1474.htm, своб.
3. Маршал Р.Т., Гофф Г.Д., Гартел Р.У. Мороженое и замороженные десерты У. – СПб.: Профессия, 2005. – 376 с.



Ильева Татьяна Павловна

Год рождения: 1991

Инженерно-физический факультет, кафедра лазерных технологий
и лазерной техники, группа № 6222

Направление подготовки: 200500 – Лазерная техника и лазерные
технологии

e-mail: tan-ileva@list.ru

УДК 681.787.24

ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЙ КАНАЛ ОПТИЧЕСКОГО МОДУЛЯ КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА КРИТ

Т.П. Ильева

Научный руководитель – к.т.н., доцент С.А. Смирнов

Работа выполнена в рамках темы НИР № 213378 «Разработка рабочей документации на оптическую систему научной аппаратуры «АЛИС-М».

Интерференционный канал оптического модуля космического эксперимента КРИТ позволяет исследовать процесс тепломассопереноса в околокритических флюидах. Околокритические флюиды на данном этапе научно-технического развития играют особую роль в ходе многих химических и биотехнологических процессов, имея, в то же время, перспективы развития в качестве рабочего тела в энергетическом и ракетно-космическом научных секторах. Это связано с уникальностью теплофизических свойств исследуемых флюидов таких как гиперсжимаемость, гиперчувствительность к температурному фактору, поршневой эффект, высокая чувствительность растворяющей способности флюида к изменению температуры и давления и т.д. На данный момент сверхкритические флюиды нашли применение в фармакологии, в пищевой промышленности, используются при изготовлении новых полимерных материалов и переработки токсичных веществ. Например, разработаны новые технологии получения нано- и микроформ лекарственных препаратов, которые используют флюиды в качестве растворителей [1].

Однако теплофизические и динамические свойства флюидов в критической точке еще не до конца исследованы, что связано с возникновением интенсивных конвективных течений вследствие влияния гравитации Земли. Поэтому важнейшее место в исследованиях занимает космический эксперимент. Начиная с 80-х годов XX века, проводились эксперименты по изучению тепломассопереноса околокритических флюидов советско-французской делегацией на космической станции МИР и американской – на борту Space Shuttle.

Для исследования свойств флюидов в околокритической точке используют следующие оптические методы: светорассеяние, интерференционные и пространственной оптической фильтрации (теневого метод) [2–4]. Метод рассеяния света при исследовании процессов тепломассопереноса в околокритических флюидах обладает следующими недостатками: невысокая разрешающая способность (обычно частицы должны отличаться по размеру на 50% или больше, чтобы прибор разрешил 2 пика), а также потеря рассеяния от частиц малого размера вследствие интенсивности излучения, рассеянного частицами большего размера. Таким образом, при помощи данного метода сложно исследовать небольшие изменения плотности околокритического флюида. Метод пространственной оптической фильтрации позволяет исследовать фазовые объекты, которыми и являются околокритические

флюиды. Однако данный метод является качественным и обладает неустойчивостью к вибрациям.

Интерференционный метод является наиболее точным методом измерения тепломассопереноса в околоскритических флюидах. Данный метод позволяет по смещению интерференционных полос определить разность фаз между двумя пучками и рассчитать изменения разности оптических путей, связанных с изменением показателя преломления. Для исследования неоднородностей среды можно использовать интерферометры различной модификации: интерферометр Майкельсона, Тваймана–Грина, Маха–Цендера и Рэлея. Интерферометр Майкельсона является наиболее простым и компактным, а также обладает достаточно высокой точностью прибора и большей устойчивостью по отношению к вибрациям и колебаниям температуры по сравнению с другими модификациями интерференционных приборов. Таким образом, для исследования тепломассопереноса околоскритических флюидов был выбран интерферометр Майкельсона, который состоит из расширителя пучка TS-1, ряда входных и выходных окон в виде плоскопараллельных пластинок, зеркал интерферометра, кюветы с исследуемым веществом, объективов IntOb1 и IntOb2 и диагональных зеркал для излома оси.

В качестве источника излучения был выбран лазер SLM-417, длина волны которого составляет 532 нм. Излучение данного лазера – одномодовое и одночастотное, а также выбранный источник обладает большой длиной когерентности (50 м), что позволяет обеспечить пространственно-временную устойчивость интерференционной картины.

Для регистрации быстро протекающих процессов в околоскритических флюидах был выбран приемник – видеочкамаера CamRecord CR3000x2 немецкой компании Optronis с максимальной частотой кадров 100000 кадров/с. Размер светочувствительного элемента составляет 8 мкм. Максимум графика спектральной характеристики чувствительности матричного приемника близок к спектру используемого источника излучения SLM-417.

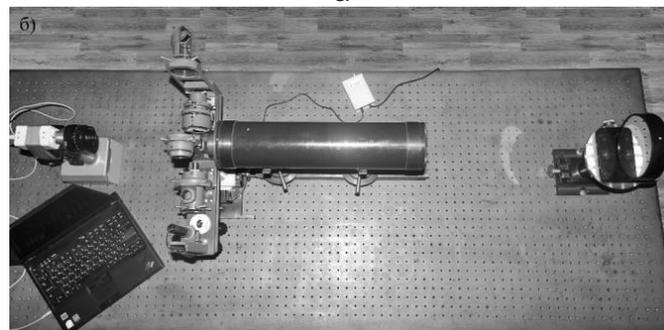
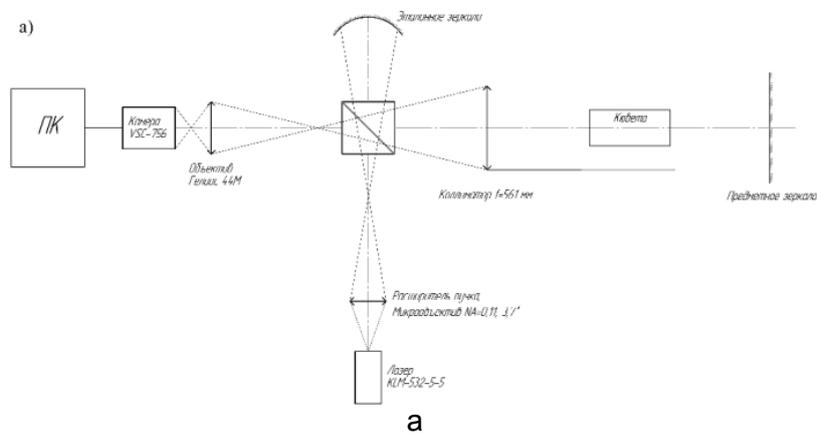


Рис. 1. Схема экспериментального стенда (а); внешний вид экспериментального стенда сверху (б)

В программе «Trace Pro» был смоделирован интерференционный канал блока измерений для расчета потерь на оптических элементах, а также вычисления пропускания канала. Мощность излучения лазера составляет 22 мВт, для моделирования интерференционного канала было задано 29701 луч. На приемнике было зарегистрировано 9338 лучей, так как часть лучей была потеряна на оптических элементах системы, а часть лучей покинула систему в виде бликов. Мощность излучения на приемнике составила 0,61 мВт. Тогда пропускание канала составляет 2,8%, а коэффициент ослабления оптической системы – 36,07.

В лаборатории «Когерентная оптика» Университета ИТМО был создан экспериментальный стенд для исследования динамических фазовых объектов, которыми и являются околокритические флюиды. В состав экспериментального стенда входит лазер KLM-A532-5-5 компании «ФТИ Оптроник», неравноплечий интерферометр «Астрон 2М» ОАО «ЛОМО», коллиматор К-10108, плоское эталонное зеркало, светофильтр ЗС-3, объектив Гелиос 44М и камера VSC-756 (рис. 1, а). Внешний вид лазерного неравноплечевого интерферометра в сборе представлен на рис. 1, б.

Принцип работы экспериментального стенда заключается в следующем. Излучение лазерного источника попадает в телескоп, предназначенный для увеличения диаметра пучка света с целью заполнения входного зрачка микрообъектива, который формирует расходящийся пучок света требуемой апертуры. Пучок делится на светоделительном кубике на два равных по интенсивности пучка. Один из них преломляется, проходит в предметный канал и претерпевает отражение на предметном зеркале. Другой проходит в опорный канал и отражается от эталонного зеркала. Опорный и предметный пучки фокусируются в плоскости изображения, а сложение данных пучков дает интерференционную картину.

Для исследования динамических объектов необходимо отъюстировать оптическую систему так, чтобы на приемнике регистрировалась интерференционная картина с 10–12 полосами хорошего качества, при котором абберрационные искажения будут минимальны, а полосы – контрастны. Юстировка экспериментального стенда разделена на четыре части:

1. установка предметного зеркала относительно коллиматора так, чтобы наблюдать в автоколлимационном микроскопе дифракционное пятно;
2. юстировка неравноплечевого интерферометра и установка лазерного источника;
3. юстировка камеры и объектива;
4. юстировка для обеспечения рабочего положения интерферометра, т.е. устранение дефокусировки и наклона полос с помощью горизонтальных и вертикальных подвижек интерферометра и обеспечение необходимого количества интерференционных полос.

Для правильного проведения эксперимента и получения корректных расчетов необходимо определить собственную ошибку интерферометра, которая не должна превышать ожидаемого значения измеряемой величины характеристики или свойства объекта. Поэтому было выбрано 14 кадров интерференционных картин с горизонтальными полосами и 14 кадров – с вертикальными полосами. В математическом пакете MATLAB были проведены вычитание темнового тока камеры и фильтрация выбранных интерференционных картин для повышения соотношения сигнал/шум. После фильтрации интерферограммы были обработаны в программе Quicke Fringe, а именно получены СКО (среднее квадратичное отклонение), PV (Peak to Value) и значения таких aberrаций, как сферическая, кома, дефокусировка и астигматизм. Также было вычислено среднее арифметическое значение СКО и PV для всех интерферограмм, которые составили 0,0205λ и 0,16λ соответственно.

На экспериментальном стенде были проведены исследования малых динамических изменений плотности и температуры объектов, в качестве которых были использованы растворы веществ с близкими показателями преломления и тепловые каналы, созданные различными распределенными источниками температуры.

Например, для исследования динамических изменений температуры была использована свеча, которая помещалась в предметный канал между коллиматором и зеркалом. Интерференционная картина, полученная при расположении в предметном канале зажженной свечи, представлена на рис. 2, а, из которого видно сильное смещение полос интерферограммы, вызванное изменением градиента температуры за счет пламени свечи. Данный эффект называется эффектом тепловой линзы, появляющимся вследствие поперечного градиента температур и приводящего к изменению показателя преломления среды. Также в предметный канал была введена металлическая игла, которая была нагрета данным тепловым источником. Нагретый конец металлического предмета также вызвало смещение полос интерференционной картины (рис. 2, б).

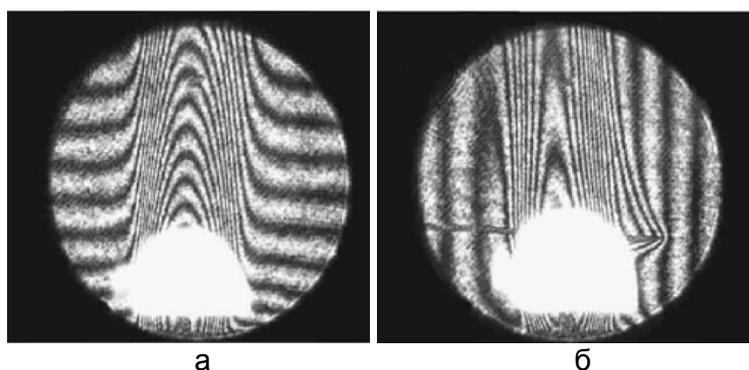


Рис. 2. Интерференционная картина пламени свечи (а); интерференционная картина пламени свечи с вводимой иглой (б)

Таким образом, в данной работе выполнены следующие задачи:

1. проанализирована оптическая схема интерференционного канала блока измерений космического эксперимента КРИТ;
2. выбраны лазерный источник и приемник оптических сигналов;
3. проведен энергетический расчет интерференционного канала блока измерений космического эксперимента КРИТ;
4. разработана методика юстировки интерферометра;
5. проанализирована собственная ошибка интерферометра;
6. проведены экспериментальные исследования малых динамических изменений значений плотности и температуры объектов, в качестве которых использовались растворы веществ с близкими показателями преломления и тепловые каналы, созданные различными распределенными тепловыми источниками.

В дальнейшем предполагается проведение измерительных экспериментов; разработка программного продукта, позволяющего обеспечить вычисление значений изменений плотности и температуры исследуемого объекта; исследование влияния спектра источника излучения на динамические изменения интерференционной картины (флуктуации контраста, движение полос и т.п.); изучение деструктивной интерференции, связанной с влиянием входных окон ячейки.

Литература

1. Залепугин Д.Ю., Тилькунова Н.А., Чернышова И.В., Поляков В.С. Развитие технологий, основанных на использовании сверхкритических флюидов // Сверхкритические флюиды: теория и практика. – 2006. – Т. 1. – № 1. – С. 27–51.

2. Heitjans P., Karger J. Diffusion in condensed matter: method, materials, models. – Springer, 2005. – 965 p.
3. Евтихеева О.А., Расковская И.Л., Ринкевичюс Б.С. Лазерная рефрактография. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 176 с.
4. Chhaniwal V.K., Anand A., Narayanamurthy C.S. Measurement of diffusion coefficient of transparent liquid solutions using Michelson interferometry // Optics and lasers in engineering. – 2004. – V. 42. – P. 9–20.



Ковешников Михаил Геннадьевич

Год рождения: 1992

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6112

Направление подготовки: 230100 – Информатика и вычислительная техника

e-mail: mike_35_92@mail.ru

УДК 004.056.53

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ВИРТУАЛИЗАЦИИ СИСТЕМНЫХ СРЕДСТВ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ
СИСТЕМ**

М.Г. Ковешников

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.Ю. Щеглов

В настоящее время, в связи с повсеместным распространением многопользовательских операционных систем, является актуальной проблема сохранения безопасности конфигурации операционной системы пользователя при работе. Согласно [1] по состоянию на март 2015 года на различные версии операционной системы Windows приходится 91,22% от всех операционных систем. В [2] показано, что основными целями злоумышленников при эксплуатации уязвимостей в операционных системах Windows являются такие пользовательские приложения как Internet Explorer, компоненты программного пакета Microsoft Office и их конфигурация, системные исполняемые файлы ядра операционной системы, драйверов (ndproхu.sys, tcpip.sys, afd.sys и других), различных библиотек. В результате существует необходимость в защите системных и пользовательских приложений и их настроек. Этого можно достичь несколькими способами:

- использование виртуальных машин;
- использование разграничения прав доступа.

Использование разграничения прав доступа не требует установки дополнительного программного обеспечения и является распространенным решением. Но, тем не менее, при помощи этого метода нельзя организовать корректное разграничение доступа к не разделяемым ресурсам и, кроме того, способ является трудоемким в плане настройки и администрирования, что показано в [3]. Использование виртуальных машин позволяет полностью изолировать пользователей и позволяет восстанавливать любое заранее сохраненное состояние. С другой стороны использование виртуальных машин оказывает сильное влияние на загрузку ресурсов и достаточно сложно для администрирования. Также возможно нарушение работы гипервизора злоумышленником. Недостатки существующих решений показывают необходимость в новом подходе к решению.

В работе предложен метод защиты пользовательской конфигурации. Данный метод лишен недостатков, имеющихся в уже существующих подходах к обеспечению безопасности системных и пользовательских приложений и их настроек. По сравнению с использованием дискреционного контроля доступа, метод виртуализации системных средств позволяет разделять неразделяемые объекты доступа и лишен недостатка в виде больших затрат на администрирование. Если же сравнивать с методом с использованием виртуальных машин, то предложенный метод является более простым в администрировании и несет меньше накладных расходов на аппаратные ресурсы компьютера. Кроме того, предлагаемый метод предоставляет гибкость в определении части системы, которая подвергается виртуализации, что позволяет решать различные задачи безопасности с наименьшими накладными расходами.

Целью работы являлась реализация эффективной защиты пользовательских конфигураций и системных файлов. В ходе работы были поставлены следующие задачи:

1. анализ существующих решений проблемы;
2. разработка и реализация метода защиты для повышения уровня безопасности пользовательских конфигураций и системных файлов;
3. разработка аналитической модели для оценки эффективности разработанного метода;
4. выполнение нагрузочного тестирования реализации метода для оценки влияния на загрузку процессора.

В ходе решения задачи обзора существующих решений были рассмотрены методы для защиты пользовательской конфигурации и проведен их анализ. Существующие решения имеют существенные недостатки как, например, использование виртуальных машин сопряжено с большими накладными расходами на поддержание работы нескольких систем одновременно и с необходимостью в администрировании каждой системы по отдельности. Использование дискреционного разграничения доступа ограничено в применимости, когда пользователи совместно используют какой-либо файл, и требует больших затрат на администрирование и поддержания прав доступа.

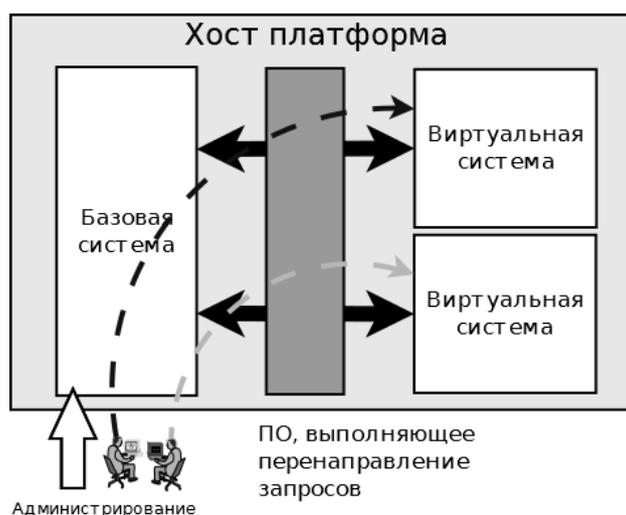


Рисунок. Разработанная архитектура виртуальной системы

При решении второй задачи были разработаны метод виртуализации системных средств и архитектура виртуальной системы. Разработанный метод заключается в создании виртуализированных системных средств при помощи частичного или полного копирования оригинальной системы, последующей установки программного

обеспечения, выполняющего перенаправление запросов доступа и настройки правил перенаправления запросов доступа, адресованных к оригинальным системным средствам, на виртуализированные.

Виртуальная система – это система, состоящая из скопированных файлов, на которые перенаправляются все запросы на чтение и запись из оригинальной системы, когда в этой системе работает пользователь. Архитектура виртуальной системы представлена на рисунке.

Для оценки эффективности разработанного метода решалась задача разработки аналитической модели. Было проведено моделирование исходной системы и системы с виртуализацией. Затем на разработанных моделях были рассмотрены различные сценарии атак:

1. один из пользователей является злоумышленником;
2. происходит заражение системного исполняемого файла операционной системы;
3. происходит заражение пользовательского исполняемого файла;
4. происходит кража информации из конфигурационных файлов;
5. оказывается заражен исполняемый файл, выполняемый системным процессом или администратором.

Модель исходной системы имеет следующий вид. Пусть на операционной системе OS имеются следующие субъекты: $Subjects = \{sp, adm, u_1, u_2\}$, где sp – процесс системы; adm – администратор; u_1 – первый пользователь; u_2 – второй пользователь.

Также на OS установлены объекты: $Objects = S \cup P \cup UF$, где $S = SE \cup CF$ – системные файлы, а $P = \{p_1, \dots, p_N\}$, где p_i – установленное приложение $i \in 1..N$. $SE = \{se_1, \dots, se_M\}$, где se_i – установленное системное приложение $i \in 1..M$, $C = \{cf_1, \dots, cf_K\}$, где cf_i – конфигурационный файл, $i \in 1..K$, $UF = \{uf_1, \dots, uf_J\}$, где uf_i – пользовательский файл, $i \in 1..J$.

При работе с операционной системой OS пользователь u_1 имеет доступ к своей конфигурации, которая состоит из: P_1 – подмножество программ P , доступное для u_1 ; CF_1 – подмножество конфигурационных файлов CF , доступное для u_1 ; UF_1 – подмножество UF : файлы, хранящие пользовательские настройки пользователя (u_1). Следует отметить, что множества $P_1 \cap P_2$, $CF_1 \cap CF_2$, $UF_1 \cap UF_2$ могут быть не пустыми (P_2, CF_2, UF_2 – аналогичные множества пользователя u_2).

Рассмотрение сценариев на модели исходной системы показало, что система является незащищенной и все виды атак при условии существования общих файлов в доступных для разных пользователей множествах являются успешными.

При моделировании системы с виртуализацией используется то же множество субъектов. Однако так как виртуализация системы предполагает создание копий, на которые перенаправляются запросы пользователей, то множество объектов операционной системы меняется. Для каждого пользователя создается своя копия части системы: $Objects_{all} = Objects \cup Copy_1 \cup Copy_2$ – множество всех объектов, установленных на операционной системе, где $Copy_1$ и $Copy_2$ состоят из файлов, скопированных из множества $Objects$. Опишем подмножества файлов из изначальной системы, которые копируются для пользователя u_1 : $Copy_{i1} = S_{i1} \cup P_{i1} \cup UF_{i1}$. Следует отметить, что каждое из множеств S_{i1} , P_{i1} , UF_{i1} может быть пустым. Также стоит отметить, что копируемые файлы могут быть как различными, так и совпадать для разных пользователей. Тогда частичную копию пользователя u_1 можно описать так: $Copy_1 = S_{c1} \cup P_{c1} \cup UF_{c1}$, где S_{c1} копия S_{i1} , P_{c1} копия P_{i1} , UF_{c1} копия UF_{i1} .

Также для использования виртуальных систем следует настроить правила перенаправления. Перенаправление осуществляется таким образом, что все операции пользователя к подмножеству скопированных файлов оригинальной системы фактически адресуются к копии, созданной для этого пользователя. Правила

перенаправления для пользователя u_1 на чтение и запись $\{r,w\}$ запишем следующим образом: $Coru_{i1} \xrightarrow{\{r,w\},u_1} Coru_1$.

Оригинальные права пользователя сохраняются с тем лишь отличием, что доступ к скопированным файлам осуществляется к копии и соответственно, оригинальные файлы становятся недоступны для пользователя. Тем не менее, пользователю добавляются права на полный доступ к специально созданной для него частичной копии.

Построив формально модель применения виртуальных систем, можно выделить следующие отличия от оригинального использования системы. При использовании виртуальных систем происходит изолирование пользователя и его конфигурации. Доступ к его конфигурации осуществляется только им, и все заражения локализуются его виртуальной системой. Применение частичного копирования вместо полного позволяет найти компромисс между объемом копии и защищенностью пользовательской конфигурации. При частичном копировании большую роль играет наличие копии оригинального файла, который был заражен. Таким образом, чем полнее копия, тем ниже шанс, что пользователь будет использовать зараженный не по его вине файл и что его конфигурация будет изменена или считана другим пользователем.

Последней задачей в рамках текущего исследования было проведение нагрузочных испытаний виртуальных систем для того, чтобы оценить влияние виртуализации на загрузку системного средства. Были проведены два исследования: оценка влияния на время выполнения операций чтения/записи и оценка влияния на загрузку процессора. Для этого были разработаны две программы, генерирующие запросы на чтение и запись определенным образом, описанным далее.

Первое исследование состояло в записи в файл и затем считывании записанных данных из него. В ходе тестирования было выявлено, что при записи нескольких сотен мегабайт данных с использованием перенаправления в худшем случае затрачиваемое время увеличивается на 7%, что показывает, что метод виртуальных систем с перенаправлением запросов не влияет существенным образом на время выполнения операций чтения и записи. При использовании программ, которые записывают меньше нескольких десятков мегабайт одновременно, накладные расходы стремятся к нулю с уменьшением объема записываемых данных.

Второе исследование состояло в генерации запросов на запись с определенной частотой. В течение промежутка времени, когда происходит генерация запросов, выполнялся замер загрузки процессора при помощи встроенной в ОС Windows 8.1 утилиты Resource Monitor, который показывает эту величину в процентах. Результаты исследования показали, что относительное увеличение загрузки от использования виртуализации в наихудшем случае ограничивается 18%, а для приложения, работающего в штатном режиме, (на примере Internet Explorer) составляет 12%.

Подводя итог, были решены все поставленные задачи. В ходе работы был разработан метод виртуализации системных средств и предложена архитектура виртуальной системы. Моделирование исходной и виртуальной систем показало, что метод выполняет корректное и полное изолирование системных файлов, пользовательских конфигураций и данных от других субъектов, при этом оказывая незначительное влияние на загрузку вычислительного ресурса. Метод обладает минимальной трудоемкостью администрирования и позволяет в общем случае реализовать разграничительную политику доступа. Частичная виртуализация (по субъектам и (или) объектами) позволяет оптимально решить проблемы защиты пользовательской конфигурации системных файлов, находя компромисс между защищенностью и объемом копируемых данных. Все вышеперечисленное позволяет применять разработанный метод на практике.

Литература

1. Desktop Operating System Market Share [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.netmarketshare.com/operating-system-market-share.aspx?qprid=8&qpcustomd=0>, своб.
2. Итоги 2014: угрозы и эксплуатация Windows [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mirror2.esetnod32.ru/company/virlab/analytics/2015-01-27-threats-windows-exploitation-2014-ru.pdf>, своб.
3. Щеглов А.Ю. Защита компьютерной информации от несанкционированного доступа. – СПб.: Наука и техника, 2004. – 384 с.
4. Jithin R., Chandran P. Virtual Machine Isolation // Communications in Computer and Information Science – 2014. – V. 420. – P. 91–102.

Крайнева Олеся Николаевна

Год рождения: 1982

Факультет технологического менеджмента и инноваций, кафедра финансового менеджмента и аудита, группа № и6551

Направление подготовки: 080200 – Финансовый менеджмент

e-mail: olnk-r13@mail.ru

УДК 330.322; 336.64

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИНАНСОВЫХ РЕСУРСОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ И РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

О.Н. Крайнева

Научный руководитель – д.э.н., профессор В.Л. Василенок

Структура работы. Работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, приложений.

Во Введении обоснована актуальность темы работы, определены ее цель и задачи, предмет и объект исследования, дана краткая характеристика работы, ее научная новизна и практическая ценность.

В первой главе работы посвящена ретроспективному анализу финансовых ресурсов.

Проведено теоретическое исследование, возникновения понятия финансовые ресурсы. Представлены мнения авторов: А.А. Мигунов, П.А. Левчаев, Е.С. Вылкова, В.М. Родионова, С.И. Лушин, В.А. Слепов, Л.Н. Павлова, Д.С. Моляков, Е.И. Шохин, А.Н. Соломатина, М.В. Романовский, А.М. Бирман, Н.В. Гаретовский, А.Н. Азрилиян, Л.И. Абалкин, А.Б. Райзберг, А.Б. Борисов, В.Г. Золотогор, Н.В. Колчина, И.Т. Балабанов, И.А. Бланк, А.М. Литовских, И.К. Шевченко, Н.Л. Зайцев, Л.П. Кураков.

Среди множества определений можно выделить несколько, в которых представлена широкая трактовка формирования и использования финансовых ресурсов, т.е., они могут формироваться за счет всех видов поступлений и расходоваться на осуществления всех видов деятельности. А также рассматривают финансовые ресурсы и с точки зрения государства и с точки зрения хозяйствующего субъекта (М.В. Романовский, А.А. Мигунов, А.М. Литовских, И.К. Шевченко):

- денежные доходы, накопления и поступления, формируемые в руках субъектов хозяйствования и государства и предназначенные на цели расширенного

воспроизводства, материальное стимулирование работающих, удовлетворение социальных потребностей, нужд обороны и государственного управления. Являются материальными носителями финансовых отношений. Используются в фондовой и не фондовой формах, для формирования необходимых активов в целях осуществления всех видов деятельности;

- все ресурсы денежных средств, аккумулируемые предприятием для формирования необходимых ему активов в целях осуществления всех видов деятельности, как за счет собственных доходов, накоплений и капитала, так и за счет различного рода поступлений;
- совокупность доходов, накоплений и внешних поступлений денежных средств (и (или) их эквивалентов), находящиеся в распоряжении организаций и предназначенная для выполнения обязательств перед бюджетной и финансово-кредитной системами, перед своими контрагентами в процессе финансирования текущих затрат хозяйственной деятельности, финансирования расходов, связанных с инвестиционной деятельностью, социальными нуждами и стимулированием работников.

Определили, что финансовый ресурс непосредственно и в кратчайшие сроки способен превращаться в любой другой вид экономических ресурсов, что позволяет обеспечивать кругооборот экономических ресурсов, и достигать целей, поставленных топ-менеджерами.

Рассмотрели источники формирования и способы распределения финансовых ресурсов, а также преобразование финансовых ресурсов в инвестиционные ресурсы посредством их использования в инвестиционных проектах для получения прибыли предприятия.

Во второй главе «Анализ и оценка использования финансовых ресурсов в инвестиционных проектах» были рассмотрены и систематизированы показатели эффективности использования финансовых ресурсов в инвестиционных проектах. В созданной системе, уточнены некоторые элементы показателей дисконтирования, используемые в оценке инвестиционных проектов для более точной оценки и выбора инвестиционного проекта. Данную систему можно рекомендовать хозяйствующим субъектам для расчета и сравнения проектов (табл. 1).

Таблица 1. Статические и динамические показатели эффективности инвестиционного проекта

| Показатели, основанные на учетных оценках («статические» методы): | | | |
|---|--|--|--|
| | Проект предполагает разовую инвестицию | Проект предполагает не разовую инвестицию | |
| PP (Payback Period) – срок окупаемости инвестиций | $P_t > I_0$ | $\sum_{t=1}^T P_t > \sum_{t=0}^T I_t$ | |
| ARR (Accounted Rate of Return), ROI (Return on Investments) простой индекс рентабельности | $ARR = \frac{P_t}{1/2 (I_0 - RV)}$ | $ARR = \frac{\sum_{t=1}^T P_t}{1/2 (\sum_{t=0}^T I_t - RV)}$ | |
| | $ARR = \frac{P_t}{I_0}$ | $ARR = \frac{\sum_{t=1}^T P_t}{\sum_{t=0}^T I_t}$ | |

| Показатели, предполагающие использования концепции дисконтирования («динамические» методы): | | | |
|---|---|---|---|
| | Проект предполагает разовую инвестицию | Проект предполагает не разовую инвестицию | Проект предполагает разные коэффициенты дисконтирования |
| NPV (Net Present Value) чистый дисконтированный доход | $NPV = -I_0 + \sum_{t=1}^T \frac{P_t}{(1+i)^t}$ | $NPV = -\sum_{t=0}^T \frac{I_t}{(1+i)^t} + \sum_{t=1}^T \frac{P_t}{(1+i)^t}$ | $NPV = -\sum_{t=0}^T \frac{I_t}{(1+i_{out})^t} + \sum_{t=1}^T \frac{P_t}{(1+i_{in})^t}$ |
| PI (Profitability Index) индекс рентабельности инвестиций | $PI = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{P_t}{(1+i)^t}}{I_0}$ | $PI = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{P_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{I_t}{(1+i)^t}}$ | $PI = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{P_t}{(1+i_{in})^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{I_t}{(1+i_{out})^t}}$ |
| MIRR (Modified Internal Rate of Return) – модифицированная внутренняя норма рентабельности | | $MIRR = \sqrt[T]{\frac{\sum_{t=1}^T P_t (1+WACC)^t}{\sum_{t=0}^T \frac{I_t}{(1+i)^t}}} - 1$ | |
| IRR (Internal Rate of Return) | $IRR = r, \text{ при котором } NPV = f(r) = 0$ | $IRR = i_1 + \frac{f(i_1)}{f(i_1) - f(i_2)} * (i_2 - i_1)$ | $IRR = \frac{(i_{1(in)} + i_{1(out)})}{2} + \frac{f(i_{1(in;out)})}{f(i_{1(in;out)}) - f(i_2)} * \left(i_2 - \frac{(i_{1(in)} + i_{1(out)})}{2} \right)$ |
| DPP (Discounted Payback Period) – дисконтированный срок окупаемости инвестиции | $\sum_{t=1}^T \frac{P_t}{(1+i)^t} \geq I_0$ | $\sum_{t=1}^T \frac{P_t}{(1+i)^t} \geq \sum_{t=0}^T \frac{I_t}{(1+i)^t}$ | $\sum_{t=1}^T \frac{P_t}{(1+i_{in})^t} \geq \sum_{t=0}^T \frac{I_t}{(1+i_{out})^t}$ |

Проведена систематизация возможных рисков инвестиционного проекта, рассмотрены способы их минимизации, некоторые из них представлены в (табл. 2).

Таблица 2. Основные риски инвестиционных проектов

| Описание риска | Способы минимизации |
|---|---|
| Риск недофинансирования проекта | |
| Риск невыполнения участниками инвестиционного проекта своих обязательств по финансированию проекта, в том числе обязательств по вложению собственных средств в инвестиционный проект. | Схема финансирования должна предполагать вкладывание кредитных средств в последнюю очередь. |
| Риск невыполнения обязательств поставщиками и подрядчиками | |
| Может выражаться в превышении стоимости работ, затягивании сроков выполнения работ, поставки оборудования, не достижении качественных параметров, необходимых для достижения заложенных целей проекта (так называемые производные риски). Риск присутствует и на производственной фазе. | Необходим тщательный отбор поставщиков и подрядчиков (на конкурсной основе). Следует предусматривать в договорах штрафные санкции, гарантии возврата аванса и гарантии должного исполнения контрактов или оплату основных сумм по контрактам после выполнения обязательств поставщиков, использовать различные формы страхования, избегать посредников. |
| Управленческие риски | |
| Возникает из-за возможных ошибок в руководстве предприятием, следствием которых будут являться сбои в строительстве объектов, приобретении и пуско-наладке оборудования, в производстве и сбыте продукции проекта. | Требуется тщательный контроль за формированием команды проекта. Если это невозможно, отказ от финансирования проекта, имеющего высокие риски. |
| Финансовые риски | |
| Проблемы финансового характера, связанные с обслуживанием задолженности по предоставляемому кредиту и других задолженностей при реализации проекта. | Возможные меры по снижению предусматривают возможность изменения валюты кредита, рефинансирование кредита других банках, изменение источников фондирования проекта. |

В третьей главе работы была проведена оценка эффективности использования финансовых ресурсов в инвестиционном проекте индивидуального предпринимателя (ИП) Дюльдина, по оказанию услуг: обслуживание, ремонт, продажа и установка пластиковых, алюминиевых, деревянных окон и дверей, а также кондиционеров.

Было создано три сценария возможного развития событий, проведены оценки эффективности статичными и динамичными методами.

1. Сценарий 1 (табл. 3): заказы в день будут поступать на сумму 18 500,00 руб.

Таблица 3. Чистый дисконтированный доход (сценарий 1)

| | NV | NPV ($i=0,2$) | NPV ($i=0,3$) | NPV ($i_{in}=0,2; i_{out}=0,3$) |
|------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|
| Первый взнос | -93 700,00 | -93 700,00 | -93 700,00 | -93 700,00 |
| Прибыль за 1 год | -23 614,01 | -19 678,34 | -18 164,62 | 408 758,46 |
| Прибыль за 2 год | 9 948,43 | 6 908,63 | 5 886,65 | 690 058,24 |
| Прибыль за 3 год | 9 948,43 | 5 757,19 | 4 528,19 | 827 288,39 |
| Весь проект | -97 417,14 | -100 712,51 | -101 449,79 | 1 832 405,09 |

Этот вариант для предприятия является провальным, так как его окупаемость растянется на многие годы, вложенные финансовые ресурсы не окупятся.

2. Сценарий 2 (табл. 4, 5): заказы в день будут поступать на сумму 19 000,00 руб.

Таблица 4. Чистый дисконтированный доход (сценарий 2)

| | NV | NPV ($i=0,2$) | NPV ($i=0,3$) | NPV ($i_{in}=0,2; i_{out}=0,3$) |
|------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|
| Первый взнос | -93 700,00 | -93 700,00 | -93 700,00 | -93 700,00 |
| Прибыль за 1 год | 20 875,01 | 17 395,84 | 16 057,70 | 454 519,24 |
| Прибыль за 2 год | 54 437,45 | 37 803,78 | 32 211,51 | 734 874,23 |
| Прибыль за 3 год | 54 437,45 | 31 503,15 | 24 778,08 | 869 775,05 |
| Весь проект | 36 049,90 | -6 997,22 | -20 652,71 | 1 965 468,51 |

Таблица 5. Показатели эффективности инвестиционного проекта (сценарий 2)

| Наименование показателя | Показатель | Сумма |
|-----------------------------------|----------------------|--------|
| простой индекс рентабельности | ARR | 1,00 |
| срок окупаемости инвестиций | PP | 2,33 |
| индекс рентабельности | PI (0,2) | 1,00 |
| | PI (0,3) | 1,00 |
| | PI (0,2; 0,3) | 1,19 |
| внутренняя норма рентабельности | IRR (0,2 и 0,5) | 13,53% |
| | IRR (0,3 и 0,5) | 8,04% |
| | IRR (0,2; 0,3 и 0,5) | 49,51% |
| дисконтированный срок окупаемости | DPP (0,2) | 3,19 |
| | DPP (0,3) | 3,16 |
| | DPP (0,2; 0,3) | 0,86 |

Таким образом, статические данные показывают, что проект может быть принят, и окупится в течение двух лет и примерно 4–5 месяцев ($PP=2,33$).

Динамические показатели с использованием ставки дисконтирования говорят о том, что проект не выгоден, и срок его окупаемости наступит только через три года.

В условиях, когда используются разные ставки дисконтирования для входящих и исходящих потоков, мы видим другую картину. Проект является прибыльным с первого года работы.

3. Сценарий 3 (табл. 6, 7): приближенный к реальности.

Таблица 6. Чистый дисконтированный доход (сценарий 3)

| | NV | NPV ($i=0,2$) | NPV ($i=0,3$) | NPV ($i_{in}=0,2; i_{out}=0,3$) |
|------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|
| Первый взнос | -93 700,00 | -93 700,00 | -93 700,00 | -93 700,00 |
| Прибыль за 1 год | -74 547,21 | -62 122,67 | -57 344,01 | 214 963,69 |
| Прибыль за 2 год | 63 006,06 | 43 754,21 | 37 281,69 | 730 698,85 |
| Прибыль за 3 год | 232 393,51 | 134 486,99 | 105 777,66 | 1 039 721,67 |
| Весь проект | 127 152,36 | 22 418,52 | -7 984,66 | 1 891 684,21 |

Таблица 7. Показатели эффективности инвестиционного (сценарий 3)

| Наименование показателя | Показатель | Сумма |
|-------------------------------|---------------|-------|
| простой индекс рентабельности | ARR | 1,01 |
| срок окупаемости инвестиций | PP | 2,40 |
| индекс рентабельности | PI (0,2) | 1,00 |
| | PI (0,3) | 1,00 |
| | PI (0,2; 0,3) | 1,18 |

| Наименование показателя | Показатель | Сумма |
|-----------------------------------|----------------------|--------|
| внутренняя норма рентабельности | IRR (0,2 и 0,5) | 29,75% |
| | IRR (0,3 и 0,5) | 25,86% |
| | IRR (0,2; 0,3 и 0,5) | 49,40% |
| дисконтированный срок окупаемости | DPP (0,2) | 2,35 |
| | DPP (0,3) | 3,19 |
| | DPP (0,2; 0,3) | 0,85 |

Таким образом, статичные показатели говорят, что проект можно принять, и он принесет прибыль, и вложенные ресурсы окупятся через два года и 5,5 месяцев.

Динамичные показатели с одной ставкой дисконтирования показывают, что в принципе проект можно принять, но с низким уровнем риска, срок окупаемости вложенных ресурсов будет через 2 года и 4 месяца, при более высокой ставке дисконтирования проект окупится только через 3 года и 2,5 месяца.

Динамические показатели с разными ставками дисконтирования для входящих и исходящих потоков говорят, что проект окупится в течение одного года.

Таким образом, для стабильной работы инвестиционного проекта при данных затратах, а также его развития необходимо иметь финансовые ресурсы в размере не менее 200 000,00 руб., при этом гарантировать успешность проекта в целом довольно сложно, так как это будет зависеть от суммы заказов в день.

В результате анализа трех сценариев были даны рекомендации:

- прием новых сотрудников, без длительной стабильной положительной динамики прибыли, является не целесообразным;
- следует изменить систему налогообложения прибыли ИП Дюльдин, так как выбранная на сегодняшний день система не выгодна, налог на прибыль надо будет платить, даже если реального дохода нет. Таким образом, мы выбираем ставку налога 10% от наших доходов за минусом наших расходов. Налог по упрощенной системе налогообложения в расходы не включается.

Предложенные рекомендации представлены в сценарии 4.

4. Сценарий 4 (табл. 8, 9): корректировка сценария 3, изменен способ налогообложения прибыли.

Таблица 8. Чистый дисконтированный доход (сценарий 4)

| | NV | NPV ($i=0,2$) | NPV ($i=0,3$) | NPV ($i_{in}=0,2; i_{out}=0,3$) |
|------------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|
| Первый взнос | -93 700,00 | -93 700,00 | -93 700,00 | -93 700,00 |
| Прибыль за 1 год | 144 922,47 | 120 768,72 | 111 478,82 | 383 786,51 |
| Прибыль за 2 год | 401 761,90 | 279 001,32 | 237 728,93 | 931 146,09 |
| Прибыль за 3 год | 597 427,12 | 345 733,28 | 271 928,59 | 1 205 872,61 |
| Весь проект | 1 050 411,48 | 651 803,32 | 527 436,35 | 2 427 105,21 |

Таблица 9. Показатели эффективности инвестиционного проекта (сценарий 4)

| Наименование показателя | Показатель | Сумма |
|---------------------------------|----------------------|--------|
| простой индекс рентабельности | ARR | 1,06 |
| срок окупаемости инвестиций | PP | 0,94 |
| индекс рентабельности | PI (0,2) | 1,05 |
| | PI (0,3) | 1,05 |
| | PI (0,2; 0,3) | 1,24 |
| внутренняя норма рентабельности | IRR (0,2 и 0,5) | 86,67% |
| | IRR (0,3 и 0,5) | 92,44% |
| | IRR (0,2; 0,3 и 0,5) | 54,33% |

| Наименование показателя | Показатель | Сумма |
|-----------------------------------|----------------|-------|
| дисконтированный срок окупаемости | DPP (0,2) | 0,95 |
| | DPP (0,3) | 0,95 |
| | DPP (0,2; 0,3) | 0,81 |

Таким образом, всего одно изменение поменяло всю картину инвестиционного проекта. Проект по всем показателя может быть принят, и окупится в течение одного года. Рассчитанные данные дают основания предполагать, что для стабильной работы инвестиционного проекта, а также его развития при данных затратах необходимо иметь финансовые ресурсы в размере не менее 150 000,00 руб.

Также надо помнить, что успешность данного проекта зависит от суммы заказов в день, именно поэтому надо вести эти данные и контролировать отклонения от выбранных заранее параметров.

Использованные уточненные динамические показатели, с разными ставками дисконтирования для входящего и исходящего потоков, показывают нам колебания прибыли от изменения одного из этих потоков.

Проведенные практические расчеты подтверждают необходимость принятия разных ставок дисконтирования для входящего и исходящего потоков. Так как они позволяют более точно определить эффективность проекта. Во-первых, потому что ставки дисконтирования изначально разные, так как риски для входящих и исходящих потоков отличаются. Во-вторых, они показывают нам отклонения результатов от изменения одного из потоков. Также разные ставки дисконтирования по входящему и исходящему потокам, позволяют сразу определить, стоит ли вкладывать в проект финансовые ресурсы. Если ставка дисконтирования на входящий финансовый поток больше чем на исходящий, финансовый поток, то проект не эффективный.



Кузнецова Анна Александровна

Год рождения: 1991

Инженерно-физический факультет, кафедра лазерных технологий и лазерной техники, группа № 6222

Направление подготовки: 200500 – Лазерные биомедицинские технологии

e-mail: anuta.gradna@yandex.ru

УДК 535.361.22:612.127.2

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОФЛУОРЕСЦЕНЦИИ БИОТКАНИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО

А.А. Кузнецова

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Е. Пушкарева

Оптическая биопсия, в основе которой лежат оптические методы исследования биотканей, является одним из активно развивающихся направления диагностики в медицине. Все методы оптической биопсии делят на две большие группы – методы оптической спектроскопии и методы оптической визуализации. Методы диагностики, использующие флуоресценцию, относятся к группе спектроскопических. Выделяют флуоресцентные исследования с применением вводимых флуоресцирующих веществ в организм (экзогенных флуорофоров) и флуорофоров, которые уже содержатся в организме (эндогенных флуорофоров).

Областью нашего интереса стал метод автофлуоресцентной диагностики (АФД), основанный на флуоресценции эндогенных флуорофоров. Данный вид диагностики имеет ряд преимуществ перед традиционными: проводится в режиме реального времени, является полностью неинвазивным, относительно прост и универсален в применении, обладает высокой чувствительностью и малой погрешностью при оптимально подобранных параметрах диагностирования и критериях постановки диагноза [1].

АФД активно применяется в области онкологии для выявления зон патологического поражения, в хирургии для определения качества краев раны от удаленного очага, для выявления ишемизированных участков биоткани. АФД используют для диагностики атеросклеротических поражений артериальных сосудов.

Одним из современных методов удаления атеросклеротических образований является лазерная абляция. В зависимости от степени тяжести такого образования требуется разный уровень мощности лазерного излучения. АФД может помочь определять степень поражения, она может быть положена в основу системы наведения для ангиохирурга. Оптимально подобранные параметры лазерного излучения обеспечат высокую эффективность удаления и низкую инвазивность оперативного вмешательства.

Стадии атеросклеротического поражения отличаются по своему составу, структуре и локализации в аорте. Результаты гистологических и флуоресцентных исследований показали, что аорта в норме и аорта с атеросклеротическими поражениями и их разными степенями имеют спектры автофлуоресценции, отличающиеся диапазонами длин волн флуоресцирования, пиками и интенсивностями флуоресценции, что и лежит в основе АФД [2].

Согласно проведенным исследованиям, основными флуорофорами аорты в нормальном состоянии являются эластин и коллаген, на ранних стадиях атеросклероза превалирует коллаген, на поздних стадиях – цероид. Диапазон длин волн, где наблюдается наибольшая разница в спектрах автофлуоресценции нормальной и атеросклеротической аорты, находится в пределах 500–640 нм [2].

В любой биоткани присутствует свой набор эндогенных флуорофоров. Спектр автофлуоресценции ткани состоит из собственных спектров флуоресценции эндогенных флуорофоров, поэтому спектральная форма линии макроскопической автофлуоресценции в той или иной степени отличается от спектров эндогенных флуорофоров. Каждый из флуорофоров вносит свой вклад в общий сигнал, получаемый от ткани. С помощью моделирования возможно определить вклад того или иного флуорофора в общий сигнал автофлуоресценции. Моделирование позволяет уменьшить временные и материальные затраты, объем экспериментальных исследований, оценить полученные экспериментальные результаты, оптимизировать параметры проведения каких-либо процедур.

В данной работе моделирование проводилось в прикладном программном пакете Mathcad. В качестве исходных данных задавались параметры лазерного излучения (длина волны и плотность мощности лазерного излучения, диаметр пучка по уровню e^{-2}), параметры моделируемой среды (коэффициенты поглощения, рассеяния, средний косинус угла рассеяния, показатель преломления цельной атеросклеротической аорты для исследуемых длин волн, толщина образца).

Существует классическая модель автофлуоресценции, разработанная А.Ж. Welch и S.L. Jacques [3, 4]. В несколько этапов с использованием алгебраических выражений производится вычисление распределения флуорофоров в биоткани, распределение возбуждающего потока излучения, собственный коэффициент флуоресценции флуорофора, плотность источников флуоресценции и

функция выхода флуоресценции. На последнем этапе вычисляется получаемая флуоресценция. Все указанные этапы могут быть реализованы численно с использованием дискретных значений величин, входящих в выражения. С помощью метода Монте-Карло генерируются случайные траектории распространения фотонов в биоткани, в результате чего определяется распределение флуорофора, возбуждающего излучения и излучения флуоресценции. Случайные значения переменных задаются путем их выбора из известных распределений вероятности [3, 4].

Особенностью моделирования автофлуоресценции биоткани является разбивка модели на два блока: первый блок программы описывает распространение возбуждающего излучения до момента взаимодействия с биотканью; второй блок – распространение излучения флуоресценции. Такой подход к моделированию был предложен несколькими исследователями [3, 5]. Необходимость данной операции объясняется тем, что при моделировании автофлуоресценции требуется учитывать факт изменения длины волны фотонов после взаимодействия со средой, чтобы учесть все особенности взаимодействия излучения флуоресценции с биотканью таким же образом, как и при распространении возбуждающего излучения.

Для создания модели аорты в нормальном состоянии была выбрана двухслойная среда толщиной 1 мм (рис. 1, а). В спектр автофлуоресценции аорты без патологии основной вклад вносит средний слой аорты – медия, поэтому в качестве оптических характеристик задавались характеристики меди. В качестве основного флуорофора для меди выбирается эластин. Вторым слоем модели является артериальная кровь, присутствующая в аорте. Для нее основным флуорофором задается оксигемоглобин.

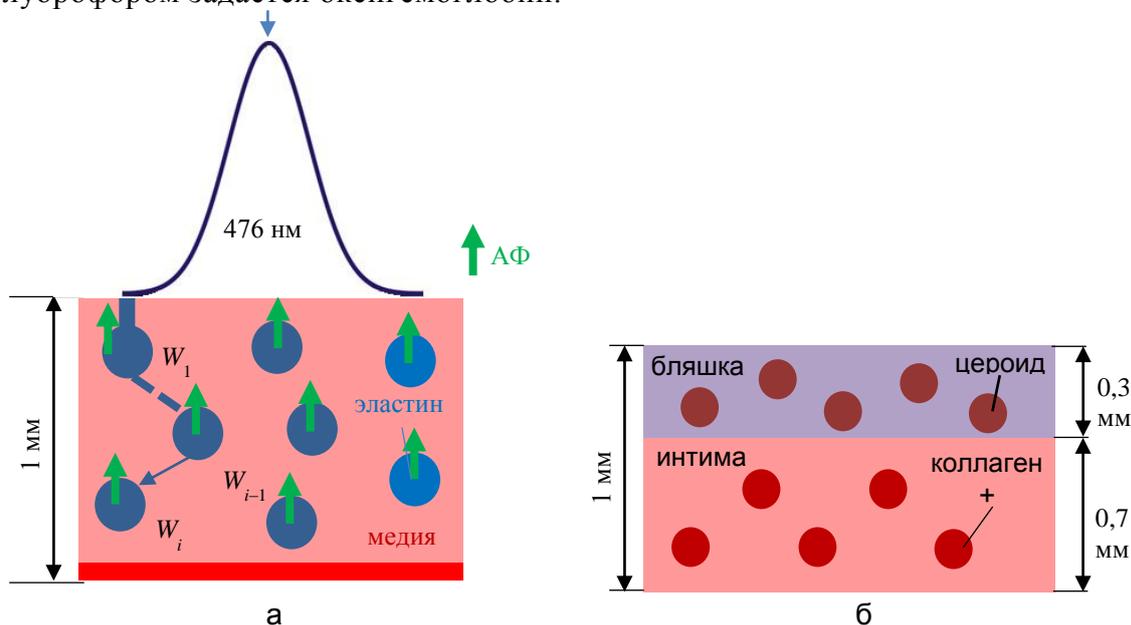


Рис. 1. Двухслойная модель аорты в норме (а) и с патологией (б)

При моделировании аутофлуоресценции аорты с атеросклеротическим поражением первым слоем задается интима, вторым – атеросклеротическая бляшка, а именно, слой липида (рис. 1, б). Известно, что в аутофлуоресценцию атеросклеротической аорты основной вклад вносит аутофлуоресценция интимы, а именно, коллагена и эластина, а основной флуорофор бляшки – цероид [2].

В результате проведенного моделирования были получены спектры автофлуоресценции аорты в нормальном состоянии и аорты с атероматозной

бляшкой (рис. 2). Качественное сравнение результата моделирования и экспериментальных результатов позволяет сделать вывод об адекватности предложенной модели автофлуоресценции аорты в нормальном состоянии и в состоянии с патологией. Некоторые отличия объясняются тем, что при моделировании учтены не все виды флуорофоров, присутствующих в биоткани.

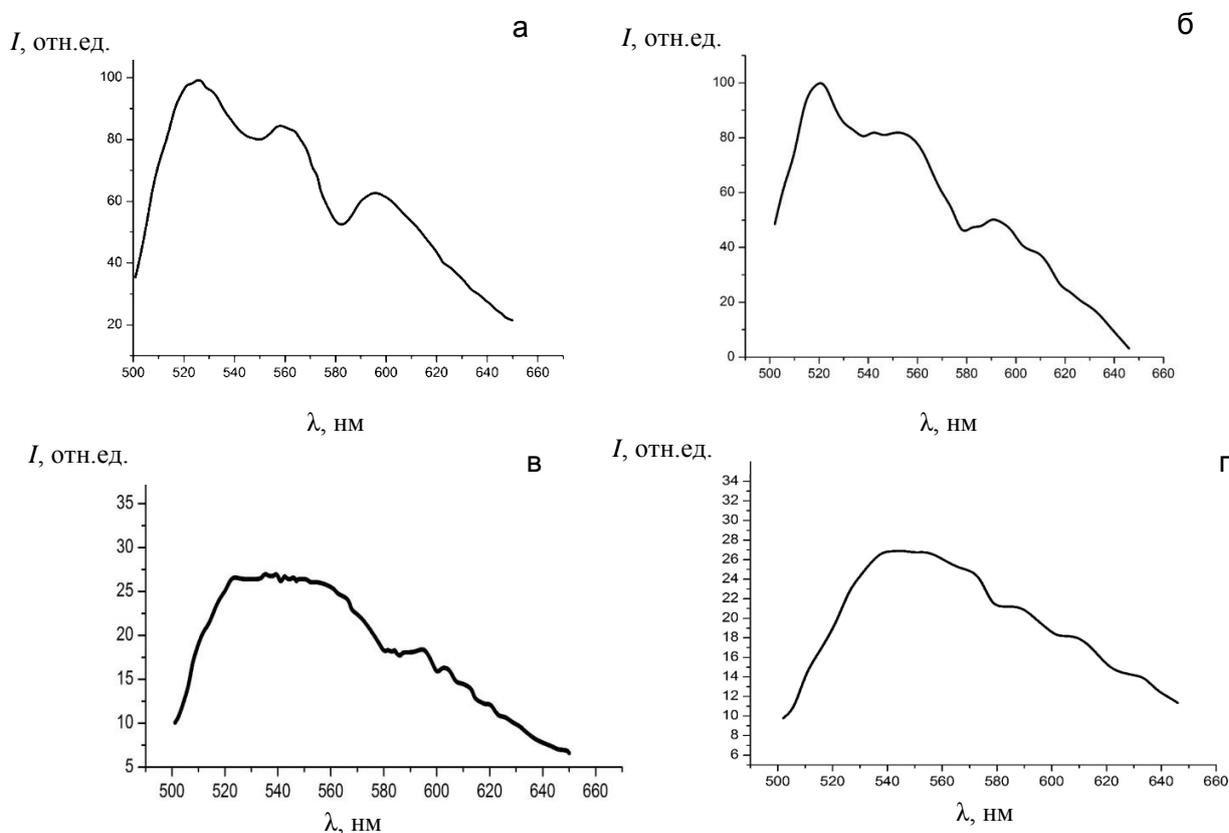


Рис. 2. Спектр аутофлуоресценции аорты в нормальном состоянии экспериментальный (а) и полученный в результате моделирования (б); спектр аутофлуоресценции аорты с атероматозным поражением экспериментальный (в) и полученный в результате моделирования (г)

В дальнейшем планируется провести исследование с использованием других длин волн возбуждающего излучения, а также учесть при моделировании больший спектр флуорофоров.

Литература

- 1 Александров М. Лазерная клиническая биофотометрия (теория, эксперимент, практика). – М.: Техносфера, 2008. – 584 с.
- 2 Fitzmaurice M. Argon ion laser-excited autofluorescence in normal and atherosclerotic aorta and coronary arteries: Morphologic studies // *American Heart Journal*. – 1989. – V. 118. – № 5. – P. 1028–1038.
- 3 Welch A.J., Gardner C., Richards-Kortum R., Chan E., Criswell G., Pfefer J., Warren S. Propagation of Fluorescent Light // *Lasers in Surgery and Medicine*. – 1997. – № 21. – P. 166–178.
- 4 Jacques S.L. Light distributions from point, line and plane sources for photochemical reactions and fluorescence in turbid biological tissues // *Photochemistry and Photobiology*. – 1998. – V. 67. – № 1. – P. 23–32.
- 5 Wu J., Feld M.S., Rava R.P. Analytical model for extracting intrinsic fluorescence in turbid media // *Applied Optics*. – 1993. – V. 32. – № 19. – P. 3585–3595.

**Кузьмин Евгений Викторович**

Год рождения: 1992

Инженерно-физический факультет, кафедра лазерных технологий
и лазерной техники, группа № 6232Направление подготовки: 200500 – Лазерная техника и лазерные
технологии

e-mail: kuzmin_evg@live.ru

УДК 621.373.535

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАЗМОННОГО РЕЗОНАНСА
НА МОДЕЛЬНЫХ СТРУКТУРАХ ПОВЕРХНОСТНЫХ УЛЬТРАКОРОТКИХ
ЛАЗЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ**

Е.В. Кузьмин

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Г.Д. Шандыбина

Преимущества использования фемтосекундных импульсов можно суммировать следующим образом: порог абляции четко определен и намного меньше порога при длинно импульсной абляции, обработка материалов происходит с высокой точностью, из-за минимальных тепловых и механических повреждений, минимальные тепловые потери приводят к увеличению эффективности технологических процессов. Все это привело к появлению фемтосекундных лазеров в целом ряде технологических отраслей: микро- и нанотехнологиях, микро- и нанохирургии, микро- и нанобиологии, стоматологии и офтальмологии. Для развития этих направлений необходимо изучать процессы, происходящие при воздействии ультракоротких импульсов на различные вещества. При взаимодействии лазерного излучения с конденсированными средами наблюдается одна общая особенность – изменение оптических свойств среды под действием интенсивного излучения. Возникающие при этом обратные связи, оказывают влияние на ход физических процессов, порой кардинально меняя свойства конденсированной среды. Существующие в настоящее время технологии позволяют измерять лишь интегральные значения оптических характеристик, тогда как для понимания сложных нелинейных процессов необходимо знание динамики оптических характеристик в течение импульса. Ограниченность экспериментальных исследований привела к усилению роли математического моделирования в научных исследованиях.

Целью работы являлось исследование возможности анализа процессов, происходящих во время действия ультракоротких импульсов на полупроводники, путем возбуждения поверхностного плазмонного резонанса в многослойных объектах, моделирующих короткоживущие оптические структуры.

Математическая модель базируется на уравнении

$$\frac{\partial \Delta \epsilon(z, t)}{\partial t} = \frac{\alpha_{2phi}}{\beta} J + D \frac{\partial^2 \Delta \epsilon(z, t)}{\partial z^2} - \frac{\Delta \epsilon(z, t)}{\tau_e}, \quad (1)$$

где $\beta = \frac{m_e(\omega^2 + (1/\tau_e)^2)}{4\pi q_e^2}$; D – коэффициент диффузии электронов в твердом теле; m_e и q_e – масса и заряд электрона соответственно.

Уравнение (1) описывает распределение наведенной диэлектрической проницаемости в течение импульса. По результатам работы математической модели было получено распределение действительной части диэлектрической проницаемости вглубь полупроводника (рис. 1).

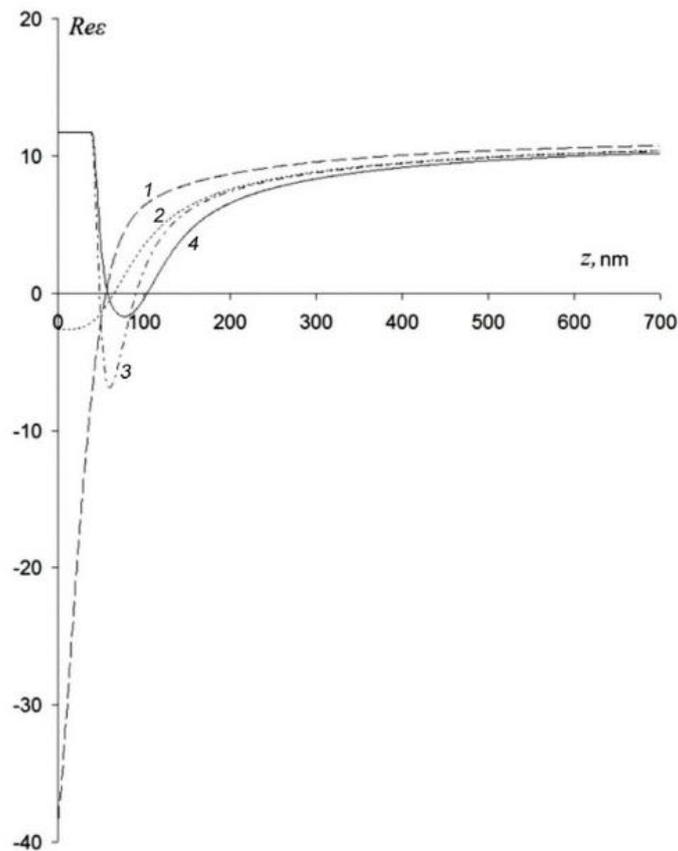


Рис. 1. Пространственное распределение действительной части диэлектрической проницаемости кремния: 1 – без учета внешней эмиссии электронов; 2 – с учетом фотоэмиссии; 3 – с учетом термоэмиссии; 4 – с учетом совместного действия фото-термоэмиссии

Видно, что без учета внешней эмиссии электронов (кривая 1) и с учетом только фотоэмиссии (кривая 2) действительная часть диэлектрической проницаемости отрицательна на толщинах до 50–60 нм. То есть в течение фемтосекундного импульса происходит металлизация приповерхностного слоя кремния, которая создает условия для возникновения поверхностной электромагнитной волны. Для оценки толщины металлизированного слоя, необходимого для возбуждения поверхностных электромагнитных волн (ПЭВ), предлагается смоделировать динамическое распределение $Re\epsilon$ статическими многослойными структурами. В качестве многослойных структур выступают золотые пленки различной толщины на подложке из стекла К8. На кривых 3 и 4 видно формирование минимума $Re\epsilon$, залегающего на глубине 60–80 нм. Такое заглубление создает оптически слоистую структуру, удовлетворяющую условиям для возбуждения волноводной моды (показатель преломления среднего слоя больше показателей преломления окружающих слоев). При учете термоэмиссии, поверх металлизированного слоя формируется обедненный слой диэлектрика, препятствующий возбуждению плазмон-поляритонов и способствующий возбуждению волноводной моды (ВМ). Для оценки толщины обедненного слоя, необходимого для возбуждения ВМ, на золотую пленку наносился тонкий слой органического вещества (10% раствор poly-lysine в воде). Оба типа модельных образцов исследовались на установке поверхностного плазмонного резонанса (ППР) работающей в геометрии Кречманна (рис. 2).

В ходе облучения образцов измерялась интенсивность отраженного света при изменении угла падения лазерного излучения. Для образцов первого типа (золотые пленки на К8) были построены следующие кривые отражения.

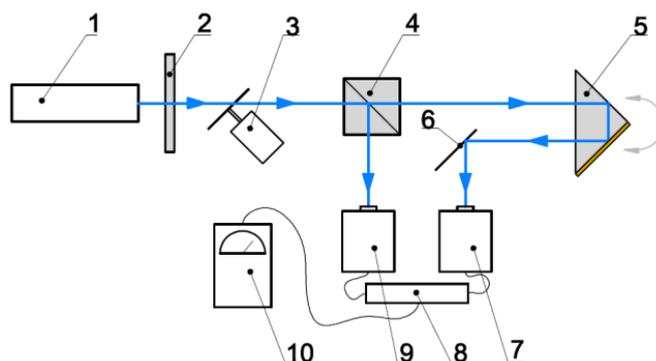


Рис. 2. Схема установки для возбуждения поверхностных плазмонов: 1 – лазер; 2 – светофильтр; 3 – модулятор; 4 – полупрозрачное зеркало, разделяющее луч на два пучка; 5 – призма, установленная на угловую подвижку; 6 – зеркало, направляющее излучение на фотоприемник ФП1; 7 – фотоприемник ФП1; 8 – синхронный детектор; 9 – фотоприемник ФП2; 10 – осциллографическая приставка Velleman HPS-40

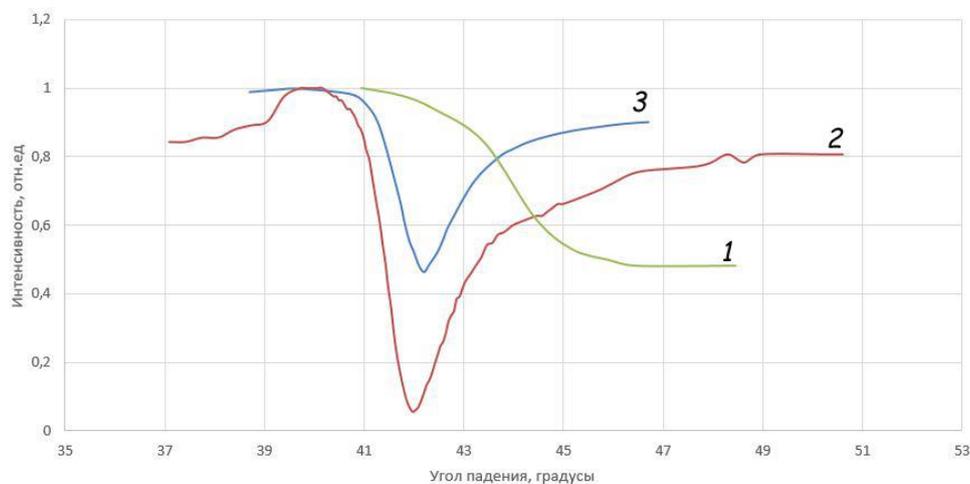


Рис. 3. Экспериментальные кривые отражения для разных толщин золотой пленки: 1 – толщина 22 нм; 2 – толщина 42 нм; 3 – толщина 63 нм

По кривой отражения (рис. 3) можно сделать вывод, что малая толщина золотой пленки (до 22 нм включительно) не подходит для возбуждения ПЭВ, средняя толщина оптимальна (95% излучения перешло в ПЭВ) а большая толщина уменьшает эффективность генерации ПЭВ (50%). Из-за высокой сложности напыления, затруднительно создать каталог образцов с толщинами золотой пленки в диапазоне от 1 до 60 нм, поэтому предлагается использовать формулы Френеля (рассчитываемые программой WinSpall) для проверки остальных толщин диапазона. Для оценки применимости такого подхода, сравниваются теоретические и экспериментальные данные на известной толщине золотой пленки. На толщине 42 нм расхождение теоретических и экспериментальных данных составило 1% (эффективность 95% на экспериментальной кривой и 96% на теоретической) что позволяет исследовать эффективность возбуждения ПЭВ таким методом. Дальнейшее исследование толщин показало, что генерация поверхностной волны начинается при толщине металлизированного слоя от 30 нм. Толщина порядка 45 нм наиболее благоприятна для возбуждения ПЭВ, а при дальнейшем росте толщины эффективность генерации снижается (30% при толщине 80 нм). Моделирование возбуждения волноводной моды позволило сделать выводы о толщинах обедненных эмиссией слоев, способствующих как возбуждению волноводной моды, так и возбуждению плазмон-поляритонов. Заглубление металлизированного слоя на 65–70 нм смещает резонансный угол ($\approx 70^\circ$) но не уменьшает эффективность генерации ПЭВ (рис. 4).

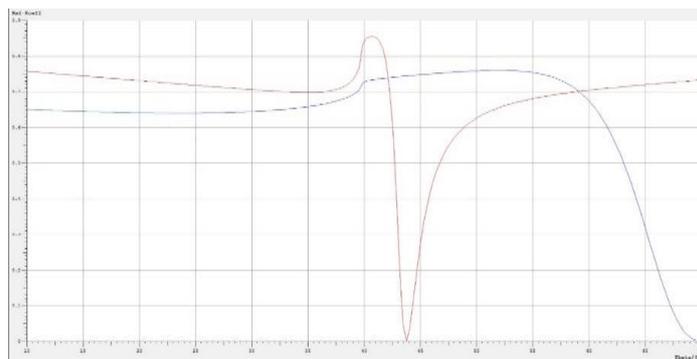


Рис. 4. Кривые отражения для исходной золотой пленки 43 нм (красная кривая) и покрытой слоем SiO_2 толщиной 65 нм (синяя кривая)

Для возбуждения волноводной моды (рис. 5), минимальная толщина обедненного слоя составляет 100 нм, а максимальная толщина 340 нм.

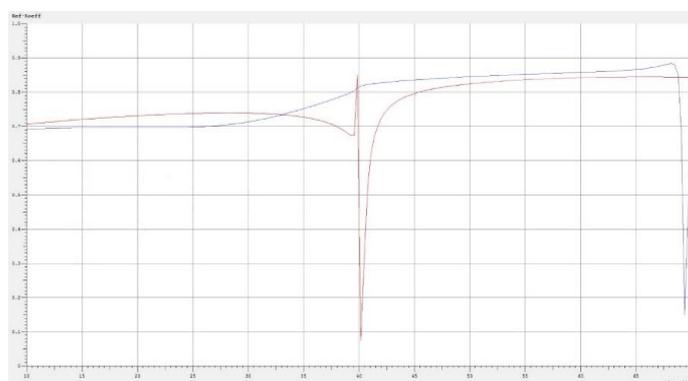


Рис. 5. Кривые отражения при различных толщинах слоя SiO_2 поверх золотой пленки. Красная кривая – 100 нм, синяя кривая – 340 нм

В ходе выполнения работы, численная модель была дополнена оценкой толщин слоев необходимых как для возбуждения ППР, так и для возбуждения волноводной моды. Было объяснено двухэтапное формирование структур с обоими типами поляризации.

Таким образом, применение анализа статических образцов, моделирующих короткоживущие оптические структуры, методом ППР позволило скорректировать результаты численного моделирования процессов фемтосекундного фотовозбуждения полупроводника и объяснить экспериментальные результаты микроструктурирования поверхности.

Литература

1. Libenson M.N. Laser-Induced Optical and Thermal Processes in Solids and Their Mutual Influence. – Saint-Petersburg: Nauka, 2007. – 423 p.
2. Делоне Н.Б. Многофотонные процессы // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – № 3. – С. 75–81.
3. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела (в двух томах). – М.: Мир, 1979. – Т. 1. – 399 с.
4. Марциновский Г.А., Шандыбина Г.Д., Дементьева Ю.С., Дюкин Р.В., Заботнов С.В., Головань Л.А., Кашкаров П.К. Возбуждение поверхностных электромагнитных волн в полупроводниках при фемтосекундном лазерном воздействии // Физика и техника полупроводников. – 2009. – № 43. – Вып. 10. – С. 1339–1345.



Лавров Юрий Алексеевич

Год рождения: 1991

Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной
теплофизики и энергофизического мониторинга, группа № 6212

Направление подготовки: 223200 – Техническая физика

e-mail: sneup@mail.ru

УДК 536.51; 536-33

РАЗРАБОТКА ТЕРМОСТАТА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ РЕПЕРНОЙ ТОЧКИ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ АЛЮМИНИЯ

Ю.А. Лавров

Научный руководитель – к.т.н. В.М. Фуксов

Воспроизведение реперных точек МТШ-90 (фазовых переходов чистых веществ) является основным методом калибровки платиновых термометров сопротивления. Реализация фазовых переходов осуществляется в специализированных термостатах. Равномерность температурного поля в термостатах влияет не только на неопределенность воспроизведения реперной точки, но и на продолжительность и наклон площадки фазового перехода. Достигнуть максимальной продолжительности фазового перехода можно в случае, когда движение границы направлено радиально, а теплоотвод от ампулы с металлом минимален. Большинство современных термостатов построены на принципе трехзонного регулирования, что позволяет создавать относительно однородное температурное поле по высоте рабочего объема.

Целью работы являлась разработка модернизированного термостата с дополнительной защитой от внешнего воздействия для реализации реперной точки затвердевания алюминия. Для создания и реализации проекта были проведены следующие этапы:

1. конечно-элементное моделирование принципиальной модели термостата;
 - конечно-элементное моделирование термостата с внешними воздействующими факторами;
 - разработка электрических нагревателей для снижения внешних воздействий и выравнивания температурного поля;
2. разработка конечно-элементной модели модернизированного термостата;
 - расчет и подтверждение правильности выбранной конструкции электрических нагревателей;
3. изготовление прототипов\опытных образцов электрических нагревателей.

Принципиальная модель термостата. Принципиальная модель термостата представляет из себя цилиндр с тремя нагревателями, в которую помещен тигель с исследуемым металлом. Сверху и снизу наполнен изоляционным материалом – ватой по всему объему. В нем также есть канал, в который помещается термометр для калибровки. Принципиальная схема представлена на рис. 1.

Для конечно-элементного моделирования было принято решение смоделировать только 1/8 часть. Это было сделано потому, что полноразмерная модель требует больших затрат компьютерных ресурсов и времени, а на точность результата никак не скажется. Моделирование производилось с помощью программного обеспечения ANSYS 15.0.



Рис. 1. Принципиальная схема

Моделирование термостата с внешним воздействием. Если рассматривать особенности конструкции печи с тремя нагревателями с боковой стороны (или одним большим) и теплоизоляцией сверху и снизу, она не позволяет в полной мере избежать торцевых теплооттоков, особенно если при проведении измерения появится внешний воздействующий фактор: сквозняк из двери или окна. Теплоизоляция ни количественно, ни качественно не может в полной степени убрать все стоки тепла, которые идут через нее.

Техническое предложение. Для того чтобы максимально снизить внешнее влияние теплостока с верхнего и нижнего торца и выровнять поле, предлагается поставить дополнительно два пластинчатых нагревателя толщиной 30 мм выполненных из огнеупорного материала. Они помогут скомпенсировать стоки тепла, даже при значительном внешнем воздействии. Результаты моделирования показывают, что нагреватели должны быть способны обеспечивать нагрев до 650–700°C, а поток, проходящий через изоляцию, снижается в несколько раз.

Торцевые нагреватели. Конструкция предельно проста: каждый нагреватель представляет из себя две цилиндрические пластины, которые способны достичь температуры не менее 700°C. Чтобы достичь таких температур, в качестве нагревательного элемента была выбрана проволока из нихрома X20H80 и проведен расчет длины и диаметра проволоки. Исходя из максимально допустимой температуры в 700°C, мощность нагревателя не должна превышать 800 Вт, если питать его от однофазной сети 220 В. Математический расчет дал следующие результаты:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{800}{220} = 3,63 \text{ А,}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{3,63} = 61 \text{ Ом.}$$

Проволоку было решено взять диаметром 0,4 мм и площадью сечением 0,126 мм², с удельным сопротивлением 1,08 Ом·мм²/м, тогда длина проволоки:

$$l = \frac{RS}{\rho} = \frac{61 \cdot 0,126}{1,08} = 7,12 \text{ м.}$$

Таким образом, проволока должна быть не менее 7,12 м в длину, чтобы обеспечить заданный режим работы.

Особенностью данного нагревателя стало то, что он должен быть сделан таким образом, чтобы можно было сквозь него провести термометр для калибровки. В основу был положен пластинчатый нагреватель диаметром 135 мм и отверстием в 14 мм.

Нижний нагреватель по конструкции проще, так как он будет в нижнем торце термостата и не требуется через него что-либо проводить.

Похожие конструкции. Газовый эталон. В 70–80-е годы прошлого века была попытка сделать газовый эталон на базе ВНИИМ им. Менделеева. Особенность конструкции газового термометра заключалась в большом диаметре апертуры ампул

реперных точек. В частности, планировалось использовать реперную точку затвердевания золота. Во избежание радиальных градиентов температур использовался термостат с торцевым донным нагревателем. Однако результатов практического применения этого термостата не сохранилось, как и самого термостата.

На рынке промышленных термостатов компания Isotech представила модель Medusa 511, для реперной точки затвердевания алюминия с торцевыми нагревателями. Его конструкция представляет собой мобильный термостат, который можно использовать для получения результатов непосредственно на предприятии, а не в лабораторных условиях. Внутренние габариты не позволяют использовать ампулы больших размеров, что отрицательно сказывается на универсальности применения, а также не могут обеспечить достаточной глубины погружения ампулы, для компенсации теплоотвода по термометру сопротивления. Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что данный термостат не подходит для применения в составе первичного эталона или эталона-копии.

Изготовление нагревателей. Для создания нагревательного элемента необходимо иметь подложку и проволоку. Так как проволока была подготовлена: аналитически посчитана и физически изготовлена, осталось создать подложку.

Первоначально был выбран вариант максимально автоматизированный. Для этого обратились в НТК «МашТех». Данная компания предоставляет широкий спектр объемной печати по трехмерным компьютерным моделям. Предполагалось изготовление подложек из нового материала для объемной печати: термостойкого бетона, способного выдерживать до 1500°C. Однако стоимость такой работы превысила 40000 руб. Для снижения стоимости был предложен обходный вариант: из фторопласта изготовить заливочные формы, в которой бы крепилась проволока с последующей заливкой специальной смесью. Общая стоимость работы 11000 руб.

После изготовления нагревателей были проведены тепловые сличения расчетного и реального образцов, из которых можно сделать вывод, что температурные поля равномерные.

Расположение нагревателей. Исходя из принципиальной схемы термостата, можно сделать вывод, что расположение торцевых термостатов целесообразнее располагать над керамической трубой или даже с заглублением в полость трубы. На принципиальной схеме термостата расположение показано на рис. 2.



Рис. 2. Модернизированный термостат

Как следует из практических применений, нижний нагреватель выгоднее расположить дальше от металлического стакана, чем верхний. Однако верхний надо располагать таким образом, чтобы он был как можно ближе к тиглю, чтобы поддерживать равномерный нагрев внутренней части термостата, но не достаточной, чтобы не получить «горб» на площадке затвердевания.

Предварительный тепловой расчет термостата с торцевыми нагревателями. Исходя из полученных данных, был проведен предварительный тепловой расчет термостата с новыми нагревателями. Результаты показывают равномерность температурного поля по всему термостату. Исходя из полученного результата, можно сделать предположение, что выбранный путь для технической реализации проекта верен.

Выводы. Исходя из проделанной работы, можно сделать следующие выводы. Конечно-элементная модель термостата с торцевыми нагревателями показывает, что выбранный путь модернизации правильный. Совпадение результатов конечно-элементного моделирования электрического нагревателя и реального образца говорит о том, что выбранный путь компоновки верен. Техническая реализация проекта такова, что создание торцевых нагревателей не требует значительных денежных вливаний, а значит, допускается массовость применения. Конструктивная часть нагревателей позволяет без дополнительных переделок и внесений различного рода изменений в термостат применять их, что положительно сказывается на скорости реализации проекта. Конструкция нагревателей имеет достаточный запас по модернизации, представляя широкий круг применения не только в термостатах для реперной точки алюминия. Однако есть отрицательные моменты: силикатный клей и окись алюминия не дают необходимых механических и прочностных качеств, так как после 350°C начинается резкое испарения связующих элементов и нагреватель просто рассыпается. На данном этапе можно использовать ее только в реперных точках цинка и олова. Для преодоления данной особенности целесообразнее использовать термостойкий бетон или специальный клей для каминов, которые не теряют своих прочностных свойств вплоть до 1500°C, что, в свою очередь, даст не только двойной запас по температуре, но и хороший запас по механическим свойствам.

Литература

1. Preston-Thomas H., Blomergen P., Quinn T.J. Supplementary Information for International Temperature Scale of 1990. – Pavillon de Breteuil, Sèvres, BIPM, 1990. – 205 с.
2. Кикоин И.К. Таблицы физических величин. Справочник. – М.: Атомиздат, 1976. – 1009 с.
3. Ilin A.U. A Criterion for Uniformity of a Temperature Field in Realization of the ITS-90 Fixed Points // 8th International Temperature Symposium. – 2002. – P. 297–303.
4. Енохович А.С. Краткий справочник по физике. – М.: Высшая школа, 1976. – 288 с.



Лемко Илья Владимирович

Год рождения: 1991

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра информационно-навигационных систем, группа № 6163

Направление подготовки: 161100 – Системы управления
движением и навигация

УДК 004

РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ ДЛЯ МИКРОМЕХАНИЧЕСКОГО ИНЕРЦИАЛЬНОГО ДАТЧИКА

И.В. Лемко

Научный руководитель – к.т.н., доцент Я.В. Беляев

Ведущие мировые фирмы-разработчики активно продвигают на рынок новые модели инерциальных модулей с использованием микроэлектромеханических систем (МЭМС)-датчиков, имеющих различное исполнение, и изготовленных с использованием различных технологий. Многие известные производители навигационного оборудования в промышленных объемах выпускают инерциальные модули с различным количеством датчиков для применения в различных технических

приложениях. Модули имеют конструкцию, включающую в себя один или несколько микромеханических датчиков (ММД), электрорадиоизделия (ЭРИ), необходимые для работы датчика, одну или несколько печатных плат и корпус. Несмотря на то, что объемы поставок инерциальных модулей на МЭМС-датчиках в мире достигают сотен тысяч штук, потребность в них постоянно растет.

В связи с этим особенно актуальным и востребованным является проведение российских разработок в области конструирования инерциальных модулей, в том числе с использованием МЭМС-датчиков.

Объектом исследования является конструкция инерциального модуля, состоящая из печатной платы с установленными на ней ММД и ЭРИ. **Целью работы** являлся анализ технических требований к конструкции инерциального модуля на ММД, оценка их реализуемости и выработка технических решений, разработка конструкции инерциального модуля с использованием современных средств вычисления и проектирования, выпуск конструкторской документации.

В работе рассмотрен процесс проектирования устройства – инерциального измерительного модуля, начиная с этапа проработки конструкции и выбора элементной базы, заканчивая выпуском конструкторской документации.

ММД являются наиболее перспективными и востребованными. Производители микромеханических устройств постоянно улучшают характеристики датчиков: повышаются точностные характеристики микромеханических приборов, уменьшаются масса и габариты устройств. Как правило, для устройств подобного класса используются корпуса, предназначенные для установки на печатную плату с использованием технологии поверхностного монтажа. Известно, что ММД чувствительны к различным внешним воздействующим факторам, производитель принимает специальные технические решения при конструировании кристалла и корпуса микромеханического устройства для защиты датчика. Однако при использовании печатного монтажа при установке датчика предъявляются требования к печатной плате, как к несущей конструкции, которая не должна оказывать негативного влияния на характеристики установленного на ней датчика. Требования эти могут быть достаточно специфичными.

В данной работе к разрабатываемому прибору предъявляются следующие требования: размеры платы должны быть не более 40×50 мм, общая высота конструкции – не более 18 мм, требуется обеспечить работу прибора в диапазоне температур от –10 до +50°С, должны отсутствовать собственные частоты конструкции в диапазоне до 300 Гц, перемещение датчика при различных деформациях не должно превышать 1,5', конструкция должна быть устойчивой к вибрационным воздействиям синусоидальной формы величиной 2g в диапазоне частот от 20 до 100 Гц.

Традиционно, при проектировании подобных устройств, применяется подход, при котором сначала разрабатывается конструкция устройства, выпускается документация, изготавливается образец, который проходит испытания. По результатам этих испытаний вносятся изменения в конструкцию, корректируется документация, до тех пор, пока конструкция не будет удовлетворять требованиям технического задания на разрабатываемое устройство.

Методика проектирования, используемая при проектировании платы инерциального модуля, представлена последовательностью выполняемых задач, при которой:

1. определяются функции, выполняемые устройством;
2. определяются условия функционирования устройства;
3. вырабатываются технические требования к разрабатываемому устройству;
4. прорабатывается концепция устройства;
5. определяется используемая элементная база и материалы;

6. разрабатывается схема электрическая принципиальная;
7. разрабатывается конструкция устройства;
8. разрабатывается конструкторская документация;
9. изготавливается изделие;
10. проводятся испытания;
11. проводится корректировка документации.

Данную методику предлагается дополнить этапами моделирования конструкции устройства, либо ее частей, оптимизации конструкции по выбранному критерию и корректировки разрабатываемого изделия на разных этапах. При этом данные для корректировки формируются на основании анализа результатов моделирования, определяется этап, на котором требуется выполнить корректировку конструкции.

Предлагается, при проектировании подобных устройств, использовать современные САПР, добавить этапы моделирования различных внешних воздействий на промежуточных этапах конструирования с последующим анализом и учетом в конструкции результатов моделирования, в зависимости от требований, может быть проведена оптимизация конструкции по выбранным критериям. Предложенная методика позволяет максимально учитывать требования технического задания, сократить объем корректировок конструкторской документации.

Процесс проработки конструкции и подбора компонентов происходит одновременно, при этом создается концептуальная трехмерная модель, учитывающая габариты ЭРИ, печатной платы и дополнительных элементов конструкции (рис. 1).

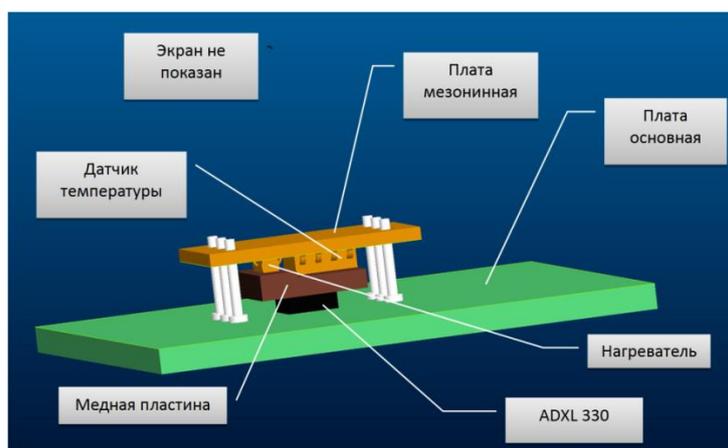


Рис. 1. Предлагаемая компоновка элементов на плате инерциального модуля

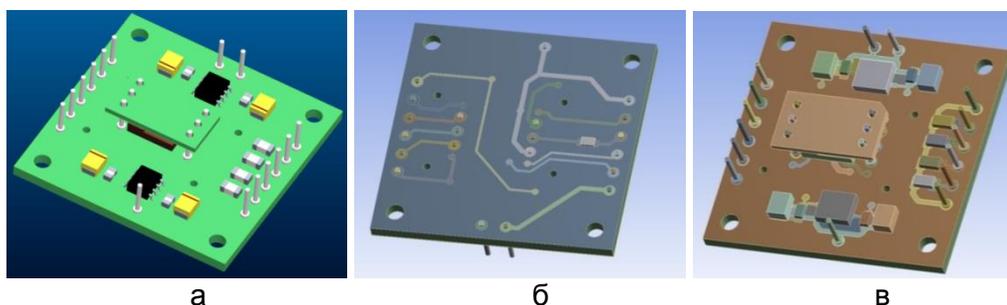


Рис. 2. Упрощенная модель платы инерциального модуля (а); полная модель платы инерциального модуля (б, в)

Процесс создания трехмерных моделей производился в пакете PTC Creo. После подбора элементной базы разрабатывается принципиальная схема прибора с использованием программной среды Cadence Design Entry. Следующим этапом является разработка печатной платы с учетом результатов проработки конструкции и требований нормативной документации. Разработка платы производится в программной среде Cadence

Allegro PCB Design. По завершении проектирования платы создаются трехмерные модели: упрощенная – для создания конструкторской документации, не учитывающая топологию проводящего рисунка (рис. 2, а), и полная – для проведения моделирования внешних воздействий, учитывающая топологию и структуру платы (рис. 2, б, в).

Моделирование производится с использованием программного пакета Ansys. Рассматривается моделирование теплового режима разрабатываемого устройства, устойчивость конструкции к вибрационным воздействиям, отсутствие собственных частот в заданном диапазоне частот, исследуются деформации платы при работе устройства на соответствие требованиям технического задания.

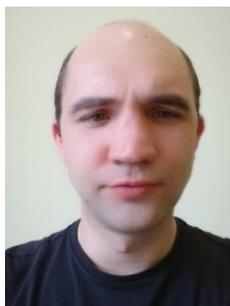
По результатам моделирования конструкция доработана, проведено повторное моделирование, подтвердившее правильность выбранных конструкторских решений. Разработана конструкторская документация.

Практическое применение полученной методики проектирования позволит значительно увеличить скорость разработки устройств со специальными техническими требованиями, улучшит их потребительские качества.

В качестве дальнейшей перспективы развития данной работы можно рассматривать выбор наиболее подходящего алгоритма оптимизации, критериев, а также учет воздействий такого вида, как электромагнитные воздействия.

Литература

1. Распопов В.Я. Микромеханические приборы: учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2007. – 400 с.
2. Муромцев Д.Ю. и др. Конструирование узлов и устройств электронных средств. Учебное пособие. – Ростов-на-Дону. Феникс, 2013. – 542 с.
3. Кечиев Л.Н. Проектирование печатных плат для цифровой быстродействующей аппаратуры. – М.: ООО «Группа ИДТ», 2007. – 616 с.
4. Талицкий Е.Н. Защита электронных средств от механических воздействий. Теоритические основы: учебное пособие. – Владимир: Изд-во ВладГУ, 2001. – 256 с.



Малышев Алексей Геннадьевич

Год рождения: 1990

Инженерно-физический факультет, кафедра сенсорики,
группа № 6250

Направление подготовки: 223200 – Техническая физика

e-mail: malyshev_alexey@hotmail.com

УДК 616.21+616.71

АНАЛИЗ ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО ФЛУКТУАЦИЯМ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ПРИ ПОМОЩИ СИСТЕМЫ СВЕТОДИОД–ФОТОДИОД

А.Г. Малышев

Научный руководитель – д.т.н., профессор Г.Н. Лукьянов

Работа выполнена в рамках темы НИР № 214437 «Разработка технологии и организация производства аппарата для диагностики параметров дыхания».

Дыхание является неотъемлемой частью жизнедеятельности человеческого организма. В далеком прошлом врачи могли поставить диагноз больному лишь, судя по его дыханию. В китайской медицине использовалась методика прослушивания и

ощущения запаха. При прослушивании врач мог установить, какого рода болезнью страдает пациент. При прослушивании различали два типа болезней – «плотную» и «пустую». При «плотной» болезни голос пациента был чистый и громкий, при «пустой» же наоборот – голос был низким, вплоть до нежелания говорить.

Также обращали внимание на дыхание пациента. Если у пациента грубое и быстрое дыхание – диагностировали «горячую» болезнь. Если быстрое, но слабое – «пустую», при этом пациент выглядит слабым и уставшим. Также симптомами «пустой» болезни считали превалирование вдоха над выдохом, если наоборот – то «плотную». По силе вдоха и выдоха судили по отклонению пушинки или нитки.

Позже был изобретен риноманометр Эската, что представляет собой зеркальную плоскость с окружностями различного диаметра. При выдохе пациента воздух шел по направляющим трубкам к плоскости, где образовывались запотевания, по которым можно было судить о проходимости воздушных потоков. В наше время для диагностики человеческого дыхания в основном используется активная передняя риноманометрия.

Активная передняя риноманометрия для диагностики человеческого дыхания использует параметр носового сопротивления, который вычисляется по отношению давления, образуемого в носовом проходе к скорости движения потока воздуха. Для начала снятия показаний необходимо патрубком с расположенным внутри датчиком давления расположить в носовом проходе, и затем надеть маску. Недостатком данного метода является тот факт, что приходится нарушать цикл естественного вдоха–выдоха, что провоцирует неточность измерений. Эту неточность измерений компенсируется путем внесения соответствующих поправок при вычислении коэффициента носового сопротивления.

Ранее на кафедре КС Университета ИТМО было предложено исследовать дыхательную функцию человека при помощи датчиков температуры, фиксирующих флуктуацию температуры на вдохе и выдохе, основанных на терморезисторах ТР-2. Они располагались на клипсе, которая крепилась к носу. Преимущества данного метода заключались в том, что не нарушался естественный цикл вдоха–выдоха. Среди недостатков стоит выделить хрупкость самого терморезистора, из-за которой невозможно было использовать данную систему в серийном производстве.

По итогам данной работы был выявлен хаотический характер флуктуаций воздушного потока. Среди недостатков стоит выделить необходимость стерилизации клипсы после каждого цикла съема данных.

Далее было создано устройство, использующее в качестве чувствительных элементов термопару «медь–константан» диаметром 8 мкм и датчики давления. Также из недостатков стоит выделить необходимость стерилизации клипсы.

В настоящей работе было предложено использовать флуктуации углекислого газа для анализа дыхательной функции человека. Для определения количества углекислого газа в выдыхаемом воздухе человеком используется оптическая система, излучающая в инфракрасном диапазоне. Углекислый газ был выбран потому, что его концентрация на вдохе и выдохе человека изменяется более чем на 4%, плюс ко всему углекислый газ имеет значительную степень поглощения в диапазоне 1200–5000 нм по сравнению с другими газами. Данное решение также решает проблему необходимости стерилизации клипсы, на которой крепятся чувствительные элементы, после каждого сеанса снятия данных.

Диагностировать дыхание планируется по следующим параметрам:

- размерности хаотического аттрактора;
- спектральной плотности мощности (СПМ).

Эксперимент проводился с использованием двух систем: предыдущей разработки для определения флуктуаций давления и температуры человеческого

дыхания и оптической системы. Эксперимент проводился для сравнения работы двух систем. В ходе эксперимента синхронно снимались данные с двух систем, оптической и датчиков давления. Снятие данных длилось 2 мин, за эти две минуты было сделано около трех циклов вдоха выдоха. По полученным данным можно сказать, что фаза датчиков давления отстает от фазы оптической системы. Данный факт связан с тем, что к датчикам давления ведет трубка длиной 16 см. Помимо этого сделать какие-либо выводы сложно. Поэтому была проведена обработка полученных данных, используя преобразование Фурье. По полученным кривым СПМ можно сделать вывод, что человек, для которого анализируются данные, страдает искривлением перегородки, поскольку имеют место быть два близлежащих пика частот.

Также было выявлено совпадение результатов, полученных при помощи двух систем, использующих датчики давления и оптическую систему.

После были восстановлены фазовые пространства, используя метод Грассберга–Прокачиа, которые были использованы для расчета корреляционной размерности. Для этого необходимо каждый отдельно взятый вектор выбранной переменной сдвигать относительно начального момента на время сдвига τ . Это время сдвига определяется из автокорреляционной функции, где время сдвига – окончательное время затухания функции. Таким образом, мы получаем множество независимых друг от друга временных зависимостей. Независимость этих временных промежутков можно определить по значению взаимной корреляционной функции; когда она будет равняться нулю – тогда можно считать два временных ряда независимыми друг от друга.

Корреляционная размерность проистекает из спектра размерностью Реньи:

$$D_q = \frac{1}{q-1} \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\log \sum_{i=1}^{N(\varepsilon)} p_i^q}{\log \varepsilon},$$

где q – любое действительное число; i – номер ячейки покрытия; p_i – вероятность попадания точки траектории в i -ую ячейку; ε – размер ребра куба или радиуса окружности.

В зависимости от q получается другая корреляционная размерность ($q=2$),

$$D_2 = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{C(\varepsilon)}{\log \varepsilon},$$

где $C(\varepsilon)$ – корреляционный интеграл.

$$C(\varepsilon) = \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{1}{m^2} \sum_{i=1}^m H(\varepsilon - \|x_i - x_j\|),$$

где H – ступенчатая функция Хевисайда.

Значения корреляционных размерностей для двух систем достигают максимального значения в районе 2,4, что в лишний раз доказывает совпадение результатов для двух систем.

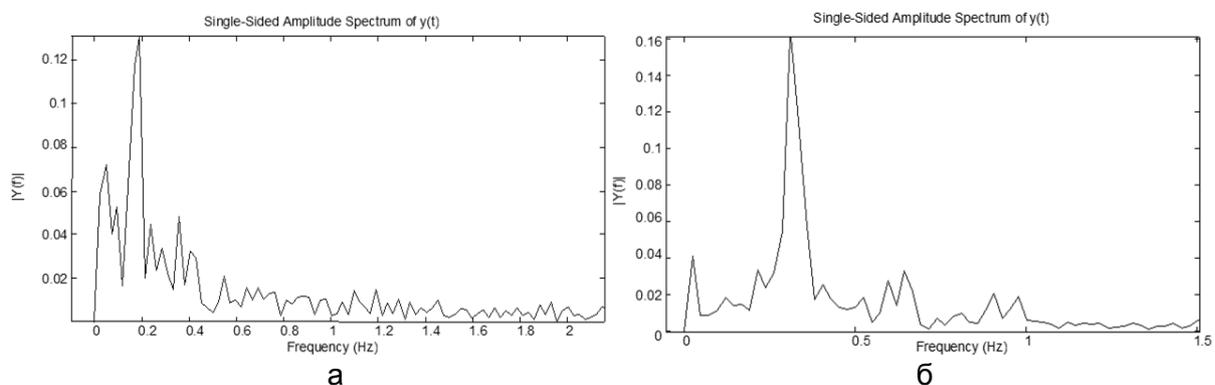


Рис. 1. СПМ: во время заболевания (а); после выздоровления (б)

После получения удовлетворительных результатов была проведена тестовая диагностика пациента, больного ринитом. Были получены данные, проведена их обработка, используя преобразование Фурье. Кривые СПМ изображены на рис. 1.

После выздоровления кривая СПМ формирует единственный пик, соответствующий основным фазам вдоха–выдоха, когда во время заболевания помимо его было множество мелких пиков, что говорит о хаотизации процесса прохождения воздуха через верхние дыхательные пути.

Также были восстановлены фазовые пространства и рассчитаны корреляционные размерности. Результаты показаны на рис. 2.

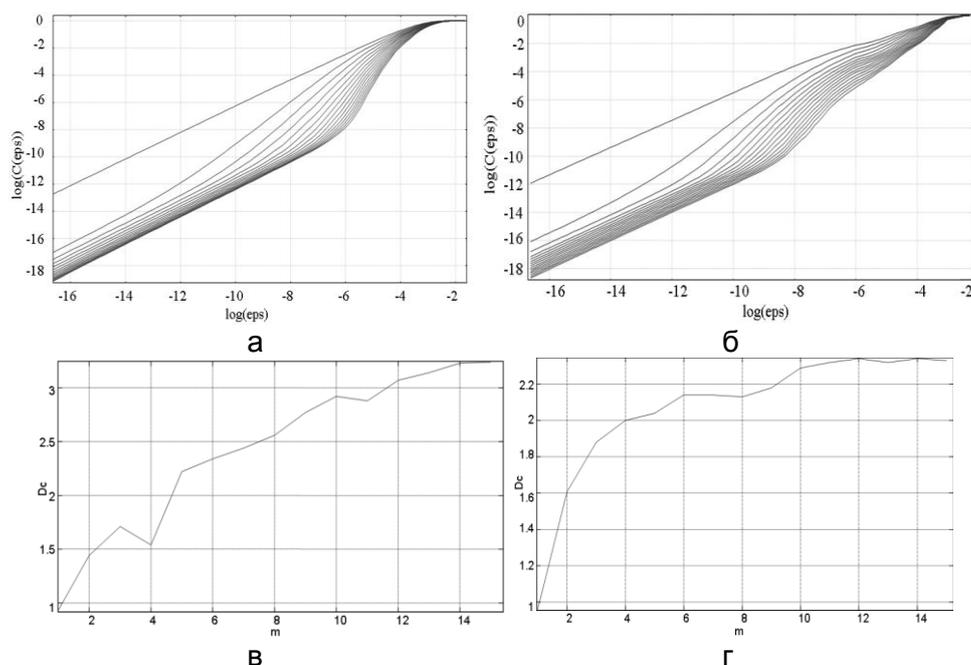


Рис. 2. Кривые Пакарда–Такенса и зависимости значения корреляционного интеграла от размерности пространства: во время заболевания (а), (в); после выздоровления (б), (г)

Во время заболевания значение корреляционной размерности составляет 3,2, в то время как после выздоровления – 2,3. Данные кривые также подтверждают тот факт, что хаотизация процесса прохождения воздушных масс через верхние дыхательные пути во время заболевания возрастает.

В данной работе было предложено использование новой системы диагностики дыхания пациента на основе бесконтактной оптической системы, чувствительной к концентрации углекислого газа. На основе полученных значений концентрации углекислого газа существует возможность диагностировать степень проходимости верхних дыхательных путей, возможность диагностировать скрытые патологии верхних дыхательных путей, таких как искривление носовой перегородки. Также были проведены испытания оптической системы, подтвердившие возможность использования оптической системы для диагностирования пациентов.

Литература

1. Берже П., Помо И., Видаль К. Порядок в хаосе. – М.: Мир, 1991. – 368 с.
2. Худсон Д. Статистика для физиков. – М.: Мир, 1970. – 296 с.
3. Рассадина А.А. Измерения и анализ флуктуаций температуры, скорости и давления в каналах нерегулярной формы: дис. канд. техн. наук. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2007. – 141 с.



Марова Александра Андреевна

Год рождения: 1992

Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной
теплофизики и энергофизического мониторинга, группа № 6212

Направление подготовки: 223200 – Техническая физика

e-mail: marova_a@mail.ru

УДК 536.21

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НЕОДНОРОДНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ И ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

А.А. Марова

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

В основе современной химической промышленности лежит идея о возможности создания новых веществ с заранее заданными свойствами. Новые материалы, обладающие необходимыми свойствами, можно получать посредством изменения количественного состава, структуры и условий взаимодействия исходных веществ. Так, для различных областей техники важное значение имеет создание материалов с требуемыми теплофизическими свойствами. Большое значение при создании новых материалов имеет возможность прогнозирования их теплофизических свойств с помощью аналитических методов.

В данной работе было проведено исследование теплопроводности двух классов неоднородных материалов: полимерных и поликристаллических. К первому классу относятся полимерные композиционные материалы на основе акриловых смол с дисперсным наполнителем в виде смеси силиконовых (диэтилполисилоксан) микросфер, заполненных воздухом, и боросиликатных (боросиликат натрия) микросфер, заполненных разреженным воздухом. Подобные полимерные композиционные материалы позиционируются отдельными производителями как теплоизоляционные (однако, значения эффективной теплопроводности, указанные производителями, заставляют усомниться в достоверности сведений относительно теплоизоляционных свойств рассматриваемых материалов) [1].

Ко второму классу относятся перспективные термоэлектрические материалы – неоднородные керамики на основе слоистого кобальтита кальция ($\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$), а также керамики с частичным замещением кальция висмутом ($\text{Ca}_{3-x}\text{Bi}_x\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$) [2]. Термоэлектрические материалы должны обладать одновременно низкой теплопроводностью и высокой электропроводностью, поэтому исследование коэффициента теплопроводности таких материалов является актуальной задачей.

Цель работы: аналитическая проверка возможности создания теплоизоляционных материалов на основе полимерного связующего с наполнителем в виде полых однородных или смеси полых разнородных микросфер и оценка возможного диапазона изменения теплопроводности полимерного композита в зависимости от его структуры, объемной доли компонентов, размеров микросфер, толщины стенок (относительной доли объема внутренней полости микросферы), рода и давления газа в полых микросферах; исследование структуры, состава и разработка методики прогнозирования теплопроводности поликристаллических веществ, применяемых в качестве термоэлектрических материалов.

Рассмотрим первый класс исследуемых материалов. В настоящее время отдельные производители активно рекламируют теплоизоляционные материалы на

основе полимерного связующего с наполнителем в виде полых микросфер. Значение коэффициента теплопроводности таких материалов, указанное в рекламных проспектах, в 10–25 раз ниже теплопроводности воздуха 0,026 Вт/(м·К) при нормальных условиях. Утверждается также, что 1 мм такой краски должен заменить по теплозащитным свойствам 150 мм слоя минеральной ваты. Следует отметить, что производители вакуумированных боросиликатных (керамических) микросфер (входящих в состав «жидкой теплоизоляции») указывают значения теплопроводности своей продукции в диапазоне от 0,05 до 0,22 Вт/(м·К), что подчеркивает необходимость аналитической проверки значения эффективной теплопроводности подобных теплоизоляционных материалов.

В ходе данной работы была изучена структура жидкого теплоизоляционного покрытия «Корунд». Исследование проводилось с помощью микроскопа лаборатории «Новых неорганических материалов» ФТИ им. Иоффе. Полученная фотография структуры представлены на рис. 1.

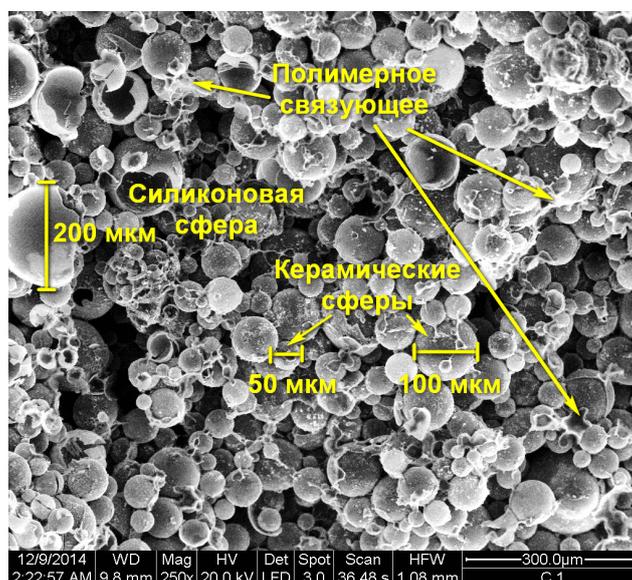


Рис. 1. Фотография структуры материала «Корунд», полученная с помощью электронного микроскопа Quanta 200

По фотографии структуры видно, что исследуемый полимерный композиционный материал в плане моделирования представляет собой пятикомпонентную гетерогенную систему, которая включает в себя: керамические полые вакуумированные микросферы, состоящие из керамической (боросиликатной) оболочки и разреженного воздуха; силиконовые полые микросферы с воздухом, состоящие из силиконовой оболочки и воздуха при атмосферном давлении; полимерное связующее.

В результате данной работы были разработаны алгоритмы расчета эффективной теплопроводности полимерного композиционного материала с микросферами в математических пакетах Mathcad и SciLab. Расчет осуществлялся методом последовательного сведения многокомпонентной системы к бинарной, при расчете использовались приближенные методы обобщенной проводимости и известные методики расчета [3].

На первом этапе расчета проводилась оценка эффективной теплопроводности полых силиконовых микросфер с воздухом, а также керамических (боросиликатных) вакуумированных микросфер по формуле Рэлея (для двухкомпонентной смеси с шарообразным наполнителем), Оделевского и выражению для адиабатного и изотермического дробления ячейки. Также была осуществлена оценка лучистой и молекулярной составляющих теплопроводности воздуха в полостях микросфер [4].

Эффективная теплопроводность микросферы с воздухом λ_{Ra} согласно формуле Рэлея:

$$\lambda_{Ra} = \lambda_1 \left[\frac{2\lambda_1 + \lambda_2 - 2V_{\text{возд}}(\lambda_1 - \lambda_2)}{2\lambda_1 + \lambda_2 + V_{\text{возд}}(\lambda_1 - \lambda_2)} \right], \quad (1)$$

где λ_1, λ_2 – коэффициенты теплопроводности материала стенок микросфер и газа (воздуха) в полостях микросфер соответственно, Вт/(м·К); $V_{\text{возд}}$ – относительная объемная доля воздуха в микросферах.

Относительная объемная доля воздуха в микросферах определяется согласно выражению:

$$V_{\text{возд}} = \left(\frac{4}{3} \pi (R - \Delta)^3 \right) / \left(\frac{4}{3} \pi R^3 \right) = (1 - \Delta/R)^3, \quad (2)$$

где R – радиус микросфер, м; Δ – толщина стенок микросфер, м.

Следует отметить, что величина $\delta = \Delta/R$ представляет собой относительную толщину стенок микросфер.

На втором этапе проводился расчет эффективной теплопроводности наполнителя (смеси силиконовых и керамических микросфер). Если известны объемные доли керамических $V_{\text{кер.сф.}}$ и силиконовых $V_{\text{сил.сф.}}$ микросфер в композите, то на данном этапе расчета определить эквивалентную теплопроводность объема полимеркомпозита, заполненного совокупностью керамических вакуумированных $\lambda_{\text{мксф.}}$ и силиконовых микросфер с воздухом, как смеси микросфер, можно с помощью выражения [5]:

$$\lambda_{\text{мксф.}} = \lambda_{\text{кер.сф.}} \left(V_{\text{кер.сф.}} \right)^2 + 4V_{\text{кер.сф.}} V_{\text{сил.сф.}} \frac{\lambda_{\text{кер.сф.}} \lambda_{\text{сил.сф.}}}{\lambda_{\text{кер.сф.}} + \lambda_{\text{сил.сф.}}} + \lambda_{\text{сил.сф.}} \left(V_{\text{сил.сф.}} \right)^2, \quad (3)$$

где $\lambda_{\text{кер.сф.}}$ – эффективная теплопроводность керамических микросфер в вакууме, рассчитанная по формулам Рэлея и Оделевского; $\lambda_{\text{сил.сф.}}$ – эффективная теплопроводность силиконовых микросфер в воздухе, также рассчитанная по формулам Рэлея, Оделевского и выражению для адиабатного и изотермического дробления ячейки.

На третьем этапе осуществлялась оценка пористости акрилового связующего. При этом связующее рассматривалось как двухкомпонентная смесь полимера и воздуха, содержащегося в порах. Также были учтены лучистая и молекулярная составляющие теплопроводности в воздушных порах. Оценка пористости осуществлялась согласно выражению [5]:

$$\lambda_{\text{пор. полим.}} = \lambda_{\text{полим.}} \left(V_{\text{полим. без пор}} \right)^2 + 4V_{\text{пор}} V_{\text{полим. без пор}} \frac{\lambda_{\text{полим.}} \lambda_{\text{пор}}}{\lambda_{\text{полим.}} + \lambda_{\text{пор}}} + \lambda_{\text{пор}} \left(V_{\text{пор}} \right)^2, \quad (4)$$

где $\lambda_{\text{полим.}}$, $\lambda_{\text{пор}}$ – теплопроводность матрицы (полимерного связующего) и теплопроводность пор (с учетом лучистой и молекулярной составляющей) соответственно; $V_{\text{полим. без пор}}$, $V_{\text{пор}}$ – объемные доли полимера без пор и самих пор соответственно.

На четвертом этапе определялась эффективная теплопроводность смеси микросфер двух видов в полимерном акриловом связующем $\lambda_{\text{пкмсф.}}$ определяется по выражениям [5]:

$$\lambda_{\text{сф. в кубе}} = \lambda_{\text{полим.}} \left[0,215 + \frac{1,57}{1-v} \left(\frac{1}{1-v} \cdot \ln \left(\frac{1}{v} \right) - 1 \right) \right], \quad (5)$$

где $\lambda_{\text{сф. в кубе}}$ – эффективная теплопроводность микросферы, окруженной связующим; $v = \lambda_{\text{полим.}} / \lambda_{\text{мксф.}}$.

Результаты расчета приведены на рис. 2 в виде графика зависимости эффективной теплопроводности рассматриваемого полимерного композиционного материала от объемной доли смеси керамических (75%) и силиконовых микросфер (25%) соответственно) в полимерной пористой матрице. Расчет проводился для различных относительных толщин стенок микросфер Δ/R и различных значений теплопроводности оболочек силиконовых микросфер (0,13 и 0,15 Вт/(м·К) и теплопроводности полимерного связующего (0,13 и 0,15 Вт/(м·К) $\lambda_{\text{полим.}}$ и $\lambda_{\text{силик.}}$. Для сравнения на график нанесены известные экспериментальные данные [1].

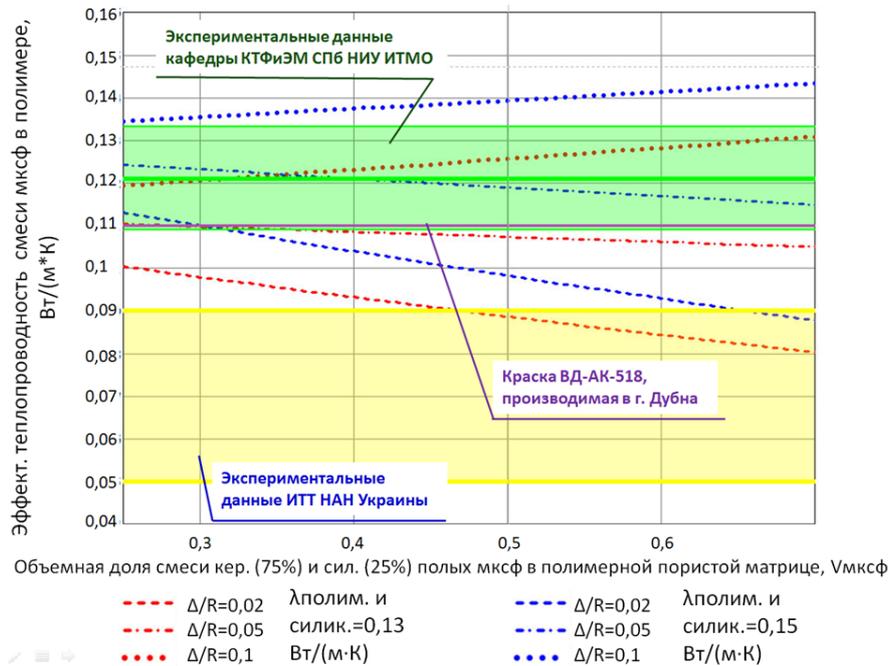


Рис. 2. График зависимости эффективной теплопроводности смеси микросфер двух видов в полимерном (пористом) связующем от объемного содержания смеси микросфер

Рассмотрим второй класс исследуемых материалов. В связи с увеличением энергопотребления является актуальным вопрос поиска альтернативных источников энергии. Одним из таких источников является тепло, поступающее в окружающую среду при работе различного рода установок (промышленность, автотранспорт и т.д.). Эту теплоту целесообразно преобразовывать в электроэнергию. Такое преобразование осуществляется при помощи термоэлектрогенераторов. Для создания термоэлектрогенераторов необходимо применять специальные термоэлектрические материалы (термоэлектрики), имеющие низкую теплопроводность и высокую электропроводность, как было отмечено ранее. В ходе данной работы была разработана методика определения эффективной теплопроводности поликристаллических термоэлектрических материалов.

Для определения эффективной теплопроводности планируется проведение следующих этапов работ: синтез или приобретение исходных порошковых компонентов; обработка высокотемпературными технологиями спекания из синтезированных веществ сложных соединений различного стехиометрического состава; исследование микро- и наноструктуры; моделирование (подбор или разработка) адекватной модели структуры; разработка методик расчета, прогнозирования эффективной теплопроводности синтезируемых материалов; экспериментальное исследование теплопроводности исследуемых материалов; сопоставление результатов расчета с экспериментальными данными; оценка погрешности и границ применимости модели и метода расчета.

В результате данного исследования был сделан вывод о том, что исследуемые материалы не могут быть отнесены к классу теплоизоляционных; была исследована структура перспективных термоэлектрических поликристаллических материалов на основе слоистого кобальтита кальция, а также разработана методика прогноза их эффективной теплопроводности.

Литература

1. Волков Д.П., Заричняк Ю.П., Марова А.А. Структура и теплопроводность полимеркомпозитов с полыми микросферами // III Международная научно-техническая конференция «Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ». Материалы конференции. – 2015. – С. 55–56.
2. Мацукевич И.В., Клындюк А.И. Физико-химические свойства дызамещенных твердых растворов на основе слоистого кобальтита кальция // Молодежь в науке-2014. – 2014. – Ч. 1. – С. 39–43.
3. Дульнев Г.Н., Заричняк Ю.П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. Справочная книга. – Л.: Энергия, 1974. – 264 с.
4. Rayleigh J.W. On the influence of obstacles arranged in rectangular order upon the properties of a medium // Phil. Mag. – 1892. – V. 32. – P. 481–491.
5. Заричняк Ю.П. Структура, теплофизические свойства и характеристики композиционных материалов и сплавов: дис. доктора физ-мат. наук. – Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН, 1989. – 470 с.



Моисеева Анастасия Сергеевна

Год рождения: 1992

Факультет информационных технологий и программирования,
кафедра речевых информационных систем, группа № 6599

Направление подготовки: 230400 – Информационные системы
и технологии

e-mail: nast.mois@gmail.com

УДК 004.934.2

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО АННОТИРОВАНИЯ И РЕФЕРИРОВАНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ РЕЧЕВОЙ АНАЛИТИКИ

А.С. Моисеева (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.ф.-м.н. В.С. Менделев
(ООО «Центр речевых технологий»)

Целью работы являлись исследование и разработка алгоритмов автоматического составления текстовых аннотаций для неподготовленной устной речи дикторов. Разрабатываемый алгоритм предназначен для извлечения информативных составляющих из текстовых расшифровок телефонных переговоров контактных центров, как из отдельных документов, так и из коллекций текстовых данных.

В работе проведено исследование алгоритмов экстракционного автоматического аннотирования. Акцент ставился на методах извлечения ключевых слов, как наиболее эффективном подходе к аннотированию текстовых расшифровок телефонных переговоров. Выбран и реализован алгоритм Diverse Keyword Extraction, проведены эксперименты с целью его оптимизации, и сравнение этого алгоритма с другим

методом автоматического аннотирования – TextRank. Написан модуль автоматической оценки качества алгоритма на основе метрик ROUGE с использованием коллекции эталонных аннотаций, составленных вручную экспертами для задач речевой аналитики.

В качестве целевой выборки для использования разрабатываемого алгоритма аннотирования использовалась база телефонных переговоров контактного центра, данные которой разбиты на тематические кластеры.

Проблемы и ограничения, накладываемые входными данными следующие:

- тексты представляют собой распознанную разговорную спонтанную речь, что накладывает неудобства в виде: стилистика разговорной речи, не соблюдение грамматических, стилистических, лексических правил русского языка;
- отсутствие пунктуации делает невозможным применение классических подходов экстрактивного автореферирования, в которых полагаются на возможность выделения из текста предложений или частей предложений;
- короткая длина текстов усложняет применение алгоритмов, основанных на частотах встречаемости слов;
- специфика русского языка: свободный порядок слов;
- особенности работы с естественным языком – смысловая и синтаксическая неоднозначности, омонимия;
- большой проблемой обработки русского языка является недоступность или неполнота необходимых словарей, корпусов, тезаурусов.

Выделение ключевых слов или фраз является первым шагом к аннотированию текстов, так как это первые простые элементы полноценной аннотации, они выражают суть текста. Следующим шагом стало бы улучшение лаконичности, связности, читаемости полученной аннотации. Ввиду того, что предоставленные тексты были короткими и спонтанными, было решено, что для исследования алгоритмов автоматического аннотирования следует остановиться на выделении ключевых слов.

На сегодняшний день очень популярны алгоритмы извлечения ключевых слов на основе таких метрик, как частота слова, TF-IDF. Но они имеют свои недостатки: при аннотировании темы получаются очень узкими, зачастую охватывается лишь одна, наиболее частотная, тема, в то время как документ или разговор повествует о разных темах, что очень характерно для «живого общения». Для акцентирования внимания на всех темах, упомянутых в тексте, нужны новые подходы и алгоритмы.

В ходе исследования предметной области был найден алгоритм – Diverse Keyword Extraction [1], который при выборе ключевых слов из документа поощряет разнообразие охватываемых тем ключевыми словами. Данный метод строится на тематическом моделировании. Было решено изучить этот метод, проверить возможность применения данного алгоритма к аннотированию текстов из базы разговоров контактного центра и реализовать его.

Реализация алгоритма извлечения ключевых слов. За основу алгоритма извлечения ключевых слов взят метод Diverse Keyword Extraction, который представлен в [1]. Этот метод интересен тем, что позволяет выбрать такое множество ключевых слов, которое покрывает как можно большее число тем, упомянутых в тексте. Метод Diverse Keyword Extraction можно разделить на три шага.

Первым шагом строится тематическая модель, которая подсчитывает распределение каждого слова w по темам z , это распределение обозначается как условная вероятность $p(z/w)$. Эти темы соответствуют скрытым переменным, которые выводятся при помощи порождающего метода построения тематической модели на достаточно большой размеченной по темам коллекции документов. Желательно, чтобы коллекция была из той же области и той же тематики, что и аннотируемые тексты. Если планируется составлять аннотации переговоров для контактных центров, связанных,

например, с авиаперелетами или мобильной связью, или банковскими услугами, то тематическая модель должна быть построена на коллекции документов той же тематики.

На втором шаге тематическая модель используется для нахождения весов тем для конкретного текста, обозначается как β_z , эти веса представляют собой гипотезы о важности включения ключевых слов в финальное множество, на основе того, касаются они определенных, самых важных тем или нет.

Наконец, на третьем шаге получаем множество слов $W=\{w_1, \dots, w_k\}$, которое покрывает максимальное число наиболее важных тем в данном тексте, поощряя разнообразие охватываемых тем.

В работе был реализован алгоритм, основанный на данном методе извлечения ключевых слов.

Методика оценки качества алгоритма аннотирования. Для оценки качества реализованного алгоритма аннотирования была разработана методика, состоящая из следующих этапов:

1. получение тестируемых аннотаций при помощи разработанного алгоритма;
2. получение экспертных аннотаций тремя независимыми экспертами для того же набора текстов, который использовался на этапе 1;
3. обработка аннотаций. Над модулем ROUGE был написан прокси-класс (класс-контроллер) на языке Python, который делает предобработку каждой аннотации. А именно, над текстами аннотаций производились следующие операции: лемматизация, исключение стоп-слов и незначащих частей речи, транслитерация всех русскоязычных слов (пакет ROUGE работает только с латинскими символами);
4. модуль ROUGE. Обработанные тестируемые и эталонные аннотации передаются модулю ROUGE, который сравнивает их, и на выходе возвращает обобщенные значения по точности, полноте и F -мере для ROUGE-метрик [2];
5. обработка метрик и получение оценки. Выходной файл модуля ROUGE обрабатывался, и подсчитывалось среднее арифметическое значение для полноты, точности и F -меры. В качестве основного параметра для оценки алгоритма аннотирования было взято значение F -меры, которое представляет собой сбалансированное среднее точности и полноты.

По данной методике производились оценки качества работы различных модификаций алгоритма извлечения ключевых слов во время экспериментов.

Результаты экспериментального исследования разработанного алгоритма. В ходе экспериментов были выдвинуты и проверены следующие гипотезы. Каждая гипотеза проверялась варьированием одного параметра при сохранении значений остальных.

1. Сравнение морфологических анализаторов. Были выбраны два морфологических анализатора – из библиотеки `rumorphy2` и `mystem` из библиотеки `rumystem3`, при помощи которых слова в текстах приводились к их нормальным формам на этапе препроцессинга. Также удалялись слова, являющиеся следующими частями речи: местоименное наречие, числительное, союз, междометие, частица, предлог, местоимение. Лучший результат показал морфологический анализатор `mystem` из библиотеки `rumystem3`.
2. Проверка пользы применения стемминга слов. Произведено сравнение оценок результатов аннотирования двумя модификациями алгоритма: при использовании стемминга слов и без него. Результат эксперимента оказался лучше для алгоритма без стемминга.

3. Выбор тематической модели. Проведено сравнение трех тематических моделей, которые были получены при помощи:
- неотрицательного матричного разложения (non-negative matrix factorization или NMF) [2];
 - латентного размещения Дирихле (LDA);
 - латентного размещения Дирихле с метками тем для некоторого количества слов (LDA with Topic-in-Set Knowledge) [3].
- Оценка результата выше для алгоритма с тематической моделью, построенной на основе LDA с метками тем.
4. Выбор оптимального значения. Алгоритм Diverse Keyword Extraction зависит от параметра регулирования λ , а именно при $\lambda=1$ измеряется только тематическое подобие слов, а при значении $0<\lambda<1$, включается механизм учета разнообразия охватываемых тем в ключевых словах, и чем ниже λ , тем больше тем старается охватить алгоритм, и тем меньше обращает внимание на частоту слов. В экспериментах использовались значения λ от 0 до 1 с шагом 0,5. Качество аннотирования выше для $\lambda=0,75$.

Сравнение алгоритмов Diverse Keyword Extraction с TextRank

Проводилось сравнение оптимизированного алгоритма Diverse Keyword Extraction и алгоритма TextRank [4], который имеет иной подход к решению поставленной задачи. Эксперимент показал, что разработанный алгоритм на основе Diverse Keyword Extraction решает задачу построения текстовых аннотаций методом извлечения ключевых слов лучше, чем алгоритм TextRank.

Выводы. По результатам исследования предметной области был выбран и реализован алгоритм Diverse Keyword Extraction [1] и проведены эксперименты с его модификациями. Проведено сравнение его лучшей модификации с другим методом автоматического аннотирования – TextRank [4]. Написан модуль автоматической оценки качества алгоритма на основе метрик ROUGE с использованием коллекции эталонных аннотаций, составленных вручную экспертами, для задач речевой аналитики. При сравнении оптимизированного алгоритма Diverse Keyword Extraction с алгоритмом TextRank, первый показал лучший результат. В дальнейшем разработанный алгоритм можно улучшить при помощи: добавления пунктуации в тексты, выделением ключевых фраз и предложений, увеличением лаконичности и связности аннотаций.

Литература

1. Habibi M., Popescu-Belis A. Diverse keyword extraction from conversations // ACL. – 2013. – P. 651–657.
2. Sanjeev A. et al. A practical algorithm for topic modeling with provable guarantees // Proceedings of the 30th International Conference on Machine Learning. – 2013. – V. 28 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cs.nyu.edu/~dsontag/papers/AroraEtAl_icml13.pdf, своб.
3. Andrzejewski D., Zhu X. Latent Dirichlet Allocation with Topic-in-Set Knowledge [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pages.cs.wisc.edu/~andrzej/publications/sslNlp-2009.pdf>, своб.
4. Mihalcea R., Tarau P. TextRank: Bringing Order into Texts // Proceedings of the conference on empirical methods in natural language processing. – 2004. – P. 401–411.
5. Lin C.-Y. ROUGE: a package for automatic evaluation of summaries // Proceedings of the Workshop on Text Summarization Branches Out (ACL'2004). – P. 74–81.



Оралканова Жадыра Оралканкызы

Год рождения: 1992

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6111

Направление подготовки: 230100 – Информатика и вычислительная
техника

e-mail: zhadra.o@mail.ru

УДК 004.942

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ТРАФИКОМ В МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ

Ж.О. Оралканова

Научный руководитель – к.т.н., доцент Л.А. Муравьева-Витковская

Актуальность проблемы. В настоящее время наблюдается активное информационное развитие общества, которое сопровождается непрерывной сменой сетевых технологий. Интеллектуальную инфраструктуру современной организации сегодня нельзя представить без программных комплексов учета, поддержки принятия решений, экспертных систем, баз данных и т.п. Все эти средства нуждаются в надежной и качественной транспортной платформе. С ростом информационных потребностей общества все больше требований предъявляется к качеству работы компьютерных сетей (КС), которые становятся все более сложноорганизованными. «Подобные факторы делают целесообразным использование средств анализа и моделирования КС для обеспечения их оптимальной работы и профилактики сбоев. Для решения задач анализа и синтеза используются аналитические, статистические и экспериментальные методы исследования» [1, 2]. Аналитические методы устанавливают зависимости между параметрами и характеристиками системы в явном виде в широкой области значений параметров и характеристик в отличие от статистических методов, определяющих эти зависимости лишь в отдельных точках. Таким образом, целесообразность применения аналитических методов в задачах анализа и синтеза очевидна.

Проведенный обзор состояния вопроса и работ в области исследования КС [3–5] показывает, что анализ процессов управления неоднородным трафиком в КС требует комплексного решения, основанного на применении многоуровневого иерархического моделирования [5], сочетающего аналитические и статистические методы.

Актуальность работы обусловлена тем, что полученные результаты можно использовать при администрировании мультисервисных компьютерных сетей (КС) для повышения эффективности функционирования при увеличении объема сетевого трафика, вызванного внедрением новых информационных технологий, использованием различных приложений: IP-телефонии (VoIP), видеоконференцсвязи, планирования ресурсов предприятия (ERP), управления взаимоотношениями с заказчиками (CRM) и др.

Объектом исследования являются мультисервисные КС с неоднородным трафиком и их элементы – узлы и каналы связи разных типов.

Предметом исследования являются процессы управления неоднородным трафиком в мультисервисных КС, реализованные на основе приоритетных методов обработки и передачи данных.

Целью работы являлось повышение эффективности функционирования мультисервисных компьютерных сетей за счет приоритетного управления неоднородным трафиком.

Указанная цель достигается решением следующих задач.

1. Построение концептуальной модели нагрузки мультисервисной компьютерной сети (КС).
2. Разработка комплекса математических моделей мультисервисных КС.
3. Выбор среды моделирования мультисервисных КС.
4. Оценка характеристик мультисервисных КС с применением аналитических и имитационных методов моделирования.

Методы исследования базируются на аппарате теории вероятностей, теории массового обслуживания, теории случайных процессов, методах численного анализа и имитационного моделирования [1, 2].

Научная новизна работы заключается в развитии, усовершенствовании и применении методов и средств системного анализа приоритетных механизмов управления неоднородным трафиком, что позволило повысить качество обслуживания в мультисервисных КС и может рассматриваться как решение актуальной научно-технической задачи, имеющей важное практическое значение в среде имитационного моделирования AnyLogic.

Практическая ценность работы заключается в следующем.

1. Разработана инженерная методика анализа эффективности функционирования мультисервисных КС.
2. Разработан комплекс аналитико-имитационных моделей исследования процессов функционирования мультисервисных КС с приоритетным управлением неоднородным трафиком. Расчеты аналитических моделей выполнены с использованием программного обеспечения РТС Mathcad. Имитационные модели реализованы в среде AnyLogic.

Основной характеристикой, определяющей качество функционирования сети, является задержка доставки пакетов разных типов, на которые могут накладываться вероятностные (1.1.1) и средние (1.1.2) ограничения.

Вероятностные (абсолютные) ограничения должны вычисляться для каждого пакета, а средние (относительные) ограничения должны выполняться в среднем и могут не выполняться для отдельного пакета.

Следует отметить, что наиболее характерными для мультисервисных компьютерных систем являются ограничения первого вида. Это предопределяет необходимость расчета характеристик функционирования КС, по крайней мере, на уровне двух первых моментов соответствующих распределений.

Кроме того, эффективность функционирования КС существенно зависит от емкости буферной памяти в узлах передачи данных при коммутации с промежуточной буферизацией, в частности, от емкости буфера маршрутизатора, отводимого под хранение пакетов.

Таким образом, при исследовании механизмов управления неоднородным трафиком в мультисервисных компьютерных системах возникают две взаимосвязанные задачи:

- определение распределения задержки доставки пакетов и времени ожидания освобождения канала связи и их числовых характеристик (первых, вторых начальных моментов, коэффициентов вариации и т.п.) при заданном способе управления трафиком;
- разработка методики оценки емкости буферной памяти маршрутизатора, при которой вероятность ее переполнения находится в заданных пределах.

Поскольку качество функционирования сети, задаваемое обычно в виде ограничений на времена доставки пакетов разных классов, определяется

механизмом управления трафиком, в модели рассмотрим дисциплину обслуживания заявок общего вида, в которой один и тот же класс заявок может иметь различные приоритеты по отношению к другим классам заявок. В соответствии с классификацией, эта дисциплина является дисциплиной обслуживания со смешанными приоритетами, для описания которой используется матрица приоритетов (МП) [6], представляющая собой квадратную матрицу $Q=[q_{ij}]$ размерности $H \times H$ по числу H классов заявок, поступающих в систему.

Для решения указанных выше задач воспользуемся базовой моделью массового обслуживания с неограниченной очередью, в которую с интенсивностями $\lambda_1, \dots, \lambda_H$ поступают H потоков пакетов, интервалы между которыми распределены по экспоненциальному закону. Длительность обслуживания τ_{b_h} пакетов класса $h(h=1, \dots, H)$ распределена по произвольному закону $B_h(\tau)$ с интенсивностью $b_h^{-1}(\tau)$. Выбор пакета из очереди на обслуживание осуществляется в соответствии со смешанными приоритетами, которые задаются в виде матрицы приоритетов.

Для базовой модели в [7] методом введения дополнительного события получены выражения для преобразования Лапласа плотности распределения и начальных моментов времени пребывания пакета типа h в модели, в частности, для двух первых начальных моментов имеем:

$$u_h^{(1)} = \frac{\sum_{i=1}^h r_6(i, h) \lambda_i b_i^{(2)}}{2(1-R_h^{(4)})(1-R_h^{(5)})} + \frac{b_h^{(1)}}{1-R_h^{(3)}};$$

$$u_h^{(2)} = \frac{\sum_{i=1}^h r_6(i, h) \lambda_i b_i^{(3)}}{3(1-R_h^{(4)})^2(1-R_h^{(5)})} + \frac{b_h^{(2)}}{(1-R_h^{(3)})^2} + \frac{\sum_{i=1}^h r_5(i, h) \lambda_i b_i^{(2)} \sum_{i=1}^h r_6(i, h) \lambda_i b_i^{(2)}}{2(1-R_h^{(4)})^2(1-R_h^{(5)})^2} +$$

$$+ \frac{\sum_{i=1}^h r_4(i, h) \lambda_i b_i^{(2)} \sum_{i=1}^h r_6(i, h) \lambda_i b_i^{(2)}}{2(1-R_h^{(4)})^3(1-R_h^{(5)})} + \frac{b_h^{(1)} \sum_{i=1}^h r_6(i, h) \lambda_i b_i^{(2)}}{(1-R_h^{(3)})(1-R_h^{(4)})(1-R_h^{(5)})} + \frac{b_h^{(1)} \sum_{i=1}^h r_3(i, h) \lambda_i b_i^{(2)}}{(1-R_h^{(3)})^3},$$

где $r_g(i, h)$ – коэффициенты приоритетности, принимающие значения 0 или 1 в зависимости от значений элементов q_{ih} и q_{hi} матрицы приоритетов ($q_{ih}=0$, если класс i не имеет приоритета к классу h ; $q_{ih}=1$, если класс i имеет относительный приоритет к классу h ; $q_{ih}=2$, если класс i имеет абсолютный приоритет к классу h) и позволяющие выделить классы пакетов i и h , имеющие между собой определенный вид приоритета:

$$r_1(i, h) = 0,5(1 - q_{ih} - q_{hi})(2 - q_{ih} - q_{hi}), \quad r_2(i, h) = q_{ih}(2 - q_{ih}),$$

$$r_3(i, h) = 0,5 q_{ih}(q_{ih} - 1), \quad r_4(i, h) = r_2(i, h) + r_3(i, h),$$

$$r_5(i, h) = r_1(i, h) + r_4(i, h), \quad r_6(i, h) = r_2(h, i) + r_5(i, h);$$

$$R_h^{(g)} = \sum_{i=1}^h r_g(i, h) \lambda_i b_i^{(1)} \quad (g=1, 2, 3, 4, 5, 6); \quad b_i^{(l)} = \int_0^{\infty} \tau^l b_i(\tau) d\tau \quad (l=1, 2, \dots).$$

На основании приведенных формул можно определить характеристики функционирования КС как единой системы, так и ее основных подсистем.

«В качестве моделей КС целесообразно использовать модели массового обслуживания: системы (СМО) и сети (СеМО) массового обслуживания» [3]. «При этом часто предполагается, что потоки, поступающие в систему, являются простейшими» [8]. В случае произвольных потоков расчет средних значений характеристик обслуживания обычно проводится на основе приближенного выражения закона распределения интервалов времени между пакетами в потоке с учетом первых

двух моментов. «Такой подход особенно широко используется при разработке приближенных методов расчета неэкспоненциальных СМО» [2]. Однако как показывают исследования, если для расчета характеристик функционирования системы на уровне средних значений, в частности, среднего времени ожидания, достаточно задать только два момента длительности обслуживания, то при описании интервалов времени между пакетами в потоке этого оказывается недостаточно. Другими словами, на средние значения характеристик обслуживания оказывают существенное влияние моменты более высокого порядка.

В работе приводятся результаты исследований влияния третьего момента интервалов времени между пакетами во входном непуассоновском потоке на среднее время ожидания в одноканальных моделях следующих классов:

- с однородным потоком и экспоненциальной длительностью обслуживания в приборе;
- с однородным потоком и длительностью обслуживания, распределенной по произвольному закону;
- с неоднородным потоком и длительностью обслуживания, распределенной по произвольному закону.

Рассмотрим одноканальную СМО с однородным потоком пакетов, интервалы времени между которыми распределены по произвольному закону с плотностью $a(\tau) = A'(\tau)$, где $A(\tau)$ – функция распределения интервалов. Пусть длительность обслуживания распределена по экспоненциальному закону. Тогда [9] функция распределения времени ожидания определяется как

$$W(\tau) = 1 - \sigma^{-\mu(1-\sigma)^\tau} \quad (\tau \geq 0),$$

а среднее время ожидания

$$w = \int_0^{\infty} \tau dW(\tau) = \sigma / \mu / (1 - \sigma),$$

где μ – интенсивность обслуживания заявок, а σ – единственный в области $0 \leq \sigma < 1$ корень уравнения $\sigma = A^*(\mu - \mu\sigma)$. Здесь $A^*(s)$ – преобразование Лапласа

плотности распределения $a(\tau)$: $A^*(s) = \int_0^{\infty} e^{-s\tau} a(\tau) d\tau$.

В качестве законов распределения $a(\tau)$ интервалов времени между пакетами в потоке были выбраны:

- равномерный и Эрланга для потоков с коэффициентами вариации интервалов времени между пакетами $v_a < 1$;
- различные формы представления гиперэкспоненциального закона для потоков с $v_a > 1$, различающиеся значениями третьих моментов.

Для описания третьего момента интервалов времени между пакетами в потоке использовался коэффициент асимметрии $\gamma = \beta^{(3)} / [\beta^{(2)}]^{3/2}$, где $\beta^{(l)}$ – центральный момент l -го порядка ($l = 2, 3, \dots$): $\beta^{(l)} = \int_0^{\infty} (\tau - 1/\lambda)^l dA(\tau)$. Здесь $1/\lambda$ – средний интервал времени между заявками.

Для одного и того же коэффициента вариации v_a в широких пределах изменялся коэффициент асимметрии γ , характеризующий третий момент интервалов времени между пакетами в потоке. В таблице приведены рассчитанные значения средних времен ожидания пакетов при различных коэффициентах вариации и асимметрии в области загрузки системы ρ от 0,1 до 0,99.

Таблица. Среднее время ожидания пакетов, с

| v_a | γ | ρ | | | | |
|-------|----------|--------|-------|-------|------|------|
| | | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,99 |
| 0,58 | 0 | 0,056 | 0,224 | 0,564 | 1,42 | 66,1 |
| | 300 | 0,013 | 0,152 | 0,494 | 1,36 | 65,8 |
| 2,0 | -1,5 | 1,80 | 2,60 | 4,00 | 7,30 | 249 |
| | 110 | 0,113 | 0,438 | 1,03 | 2,46 | 199 |
| 5,0 | -0,5 | 13,4 | 17,6 | 25,0 | 42,3 | 1299 |
| | 50 | 0,131 | 0,535 | 1,38 | 4,22 | 1219 |

Анализ полученных результатов свидетельствует о существенном влиянии третьего момента интервалов времени между пакетами в потоке на среднее время ожидания пакетов, причем с увеличением коэффициента асимметрии среднее время ожидания пакетов уменьшается. Эта зависимость особенно сильно проявляется при малых нагрузках системы и уменьшается с ее увеличением. Так при значениях загрузки $\rho=0,1$ времена ожидания при разных γ различаются в несколько раз, а при $\rho=0,99$ эта разница составляет несколько процентов. В области значений загрузки от 0,3 до 0,7, наиболее характерной для КС, эта разница достаточно значительна и составляет десятки и сотни процентов, причем растет с увеличением коэффициента вариации v_a интервалов времени между пакетами в потоке.

Для неоднородного трафика с произвольно распределенной длительностью обслуживания пакетов исследования проводились на имитационных моделях. Полученные при этом результаты имеют характер, аналогичный результатам, полученным на аналитических моделях для однородного трафика.

Таким образом, выполненные исследования позволили выявить существенное влияние третьего момента интервалов времени между поступающими в КС пакетами на качество ее функционирования, которое необходимо учитывать особенно в тех случаях, когда система работает в области малых и средних нагрузок или характеризуется большими значениями коэффициента вариации интервалов времени между пакетами, поступающими в систему. Полученные результаты рекомендуется использовать при администрировании компьютерной сети для повышения качества обслуживания.

Литература

1. Aliev T.I., Muravyeva-Vitkovskaya L.A. Prioritetnye strategii upravleniya trafikom v multiservisnykh komp'yuternykh setyakh [Priority-based strategies of traffic management in multiservice computer networks] // Izv. vuzov. Priborostroenie. – 2011. – V. 54. – № 6. – P. 44–48.
2. Aliev T.I. Zadacha sinteza system s poteryami [Problems of synthesis of systems with losses] // Izv. vuzov. Priborostroenie. – 2012. – V. 55. – № 10. – P. 57–63.
3. Алиев Р.Т. Исследование временных характеристик систем компьютерной телефонии // Труды молодых ученых ИТМО. – 2001. – С. 134–137.
4. Алиев Р.Т., Король В.В. Анализ эффективности передачи трафика реального времени в сети Fast Ethernet // Сб. научных статей. – 2002. – С. 166–173.
5. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.
6. Aliev T.I. Approksimatsiya veroyatnostnykh raspredelenii v modelyakh massovogo obsluzhivaniya [Approximation of probability distributions in queueing models] // Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics. – 2013. – № 2(84). – P. 88–93.

7. Муравьева-Витковская Л.А. Метод расчета характеристик замкнутых детерминированных моделей мультисервисных компьютерных сетей // Изв. вузов. Приборостроение. – 2014. – Т. 57. – № 4. – С. 35–39.
8. Калинин И.В., Муравьева-Витковская Л.А. Подход к созданию моделей маршрутизаторов распределенных информационных систем // Труды ВМПИ. – 2015. – № 1. – С. 31–35.
9. Муравьева-Витковская Л.А., Оралканова Ж.О., Фарашиани М.А., Хомич А.В. Анализ влияния протоколов третьего уровня OSI модели на эффективность функционирования мультисервисной компьютерной сети // Национальная ассоциация ученых. – 2015. – С. 73–75.



Пантелеев Глеб Яковлевич

Год рождения: 1985

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра компьютерных образовательных технологий,
группа № 6109

Направление подготовки: 230400 – Информационные системы
и технологии

e-mail: gleb.panteleyev@gmail.com

УДК 001.53

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕДЕЛЬНЫХ И ЦИРКАДНЫХ РИТМОВ
НА КОГНИТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ**

Г.Я. Пантелеев

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

В современном мире в будние дни человек адаптирован к трудовому режиму с максимальной активностью в утренние и дневные часы, а в выходные дни длительный сон и отложенный сон обусловлен современным образом жизни, с активной ночной жизнью в мегаполисе, просмотром фильмов и пр. Все это приводит к нехватке сна, накоплению усталости, ухудшению самочувствия, снижению когнитивного состояния. Также это может негативно повлиять на успеваемость студентов в учебном процессе, а также на производительность в рабочем процессе. Более того, данная проблема может оставить негативный след на всю оставшуюся жизнь. **Целью работы** являлось изучение влияния недельных и циркадных ритмов на когнитивные процессы. В начале работы был проведен анализ нескольких источников. Затем составлены задачи для данной исследовательской работы. Выявлены пять наиболее основных источников. Для оценки когнитивного состояния использована методика MMSE (mini-mental state examination – мини-исследование психического состояния) [1]. Применен краткий опрос, используемый для выявления (скрининга) возможных когнитивных нарушений, в частности, деменции. MMSE также используют для оценки изменений, произошедших при развитии болезни. Данный тест затрагивает несколько областей когнитивного функционирования, а именно: ориентировка во времени, месте и местности; внимание и сосредоточения; фиксирование нового материала и его припоминание после отвлечения; простой счет; узнавания предметов и лица; демонстрация адекватного использования предметов повседневного пользования, использование письменного и устного вещания; воспроизведение в памяти общеизвестных фактов, как исторических, так и недавних. Тест MMSE позволяет оценить ориентирование, восприятие, внимание, функции речи, чтения, письма.

Вычисляется общий балл и по значению результата можно оценить степень когнитивного состояния. Также для оценки когнитивного состояния может быть использована методика батареи лобной дисфункции (Frontal Assessment Battery, FAB) [2]. Она может быть полезна, когда чувствительность MMSE может быть недостаточной. Данная методика предлагает испытуемому выполнить ряд физических действий, а также ответить на пару устных вопросов, оценивающие беглость речи и воображение. Таким образом, тестирование по методике MMSE, FAB применяется для оценки когнитивного состояния. Было установлено, что чем более развита сеть метро в городе, тем сильнее выражен определенный ритм жизни людей. В городах Нью-Йорка и Сан-Франциско, люди в будние дни обычно рано просыпаются и поздно ложатся. В выходные они предпочитают выспаться чуть дольше [3]. Москва заняла сразу две позиции, как: самое позднее в мире среднее время засыпания – 12:46 и самое позднее в мире среднее время пробуждения – 8:08. Самый короткий в мире сон длится в Токио, Япония. Средняя длительность сна составляет 5 ч 44 мин. Также установлено, что москвичи позже ложатся спать в начале января из-за новогодних праздников и спят в году в среднем 6 ч 42 мин. Для сравнения, дольше всех в мире спят в Мельбурне, Австралия – средняя длительность сна составляет 6 ч 58 мин [4]. Таким образом можно выдвинуть гипотезу, что у многих большое накопление усталости, а значит, теоретически, у многих имеются когнитивные нарушения. Таким образом, носимое устройство является эффективным инструментом для сбора и исследования статистики сна-пробуждения, так как оно позволяет регулярно фиксировать действия владельца. В Университете ИТМО применяется собственная электронная информационно-образовательная среда (ЭИОС), которая предназначена для обучения студентов очной формы обучения в Университете ИТМО и в Первом Санкт-Петербургском государственном университете им. акад. И.П. Павлова (ПСПбГМУ). В ПСПбГМУ провели оценку общего количества посещений ЭИОС во время весеннего семестра 2012/2013 учебного года. Студентам Университета ИТМО предлагали в онлайн-режиме заполнить анкету, содержащая опрос SMEQ (Student Morningness-Eveningness Questionnaire). Было установлено, что около 30% «посещений» ЭИОС приходилось на ночное время, с 23 ч по 6 ч утра [5]. Также установлено, что студенты «вечернего типа» учатся хуже, чем студенты, которые относятся к «утреннему типу». У студентов «вечернего типа» существуют трудности адаптации к расписанию учебы с занятиями, которые начинаются с раннего утра, имеются общее плохое самочувствие и хотели бы перенести утренние занятия на 10 ч утра (37% опрошенных) или позже (35% опрошенных). Также установлено, что значительная часть учебной работы студентов в онлайн-режиме проводилось в ночное время и, учитывая, что расписание очных занятий начинаются с 8–9 ч, можно сделать вывод, студенты для самоподготовки выбирают ночное время в ущерб режиму отдыха, режиму сна, что в итоге накапливается усталость. В Университете ИТМО, а также в ПСПбГМУ для исследования применялся опрос SMEQ, однако, не были применены носимые устройства для сбора статистики сна-пробуждения. Для выполнения данной исследовательской работы требовался сбор статистики режима сна-пробуждения и поведение оценки когнитивного состояния, а значит, необходим инструмент для проведения исследования – носимое устройство, а также мини-тестирование оценки когнитивного состояния. Субъектом данного исследования являются сотрудники ЦДО Университета ИТМО, так как часть сотрудников является студентами, что играет немаловажную роль в сборах статистики периода сна-пробуждения, оценок когнитивного состояния. А также субъектом исследования могут быть студенты, в частности, студенты Университета ИТМО, которые готовы добровольно пройти исследование. Учитывая тот факт, что носимого устройства нет ни у одного из

испытуемых, то было решено разработать собственный инструмент исследования, а именно сайт для оценки когнитивного состояния. Также в процессе разработки онлайн-инструмента для исследования было решено провести мини-тестирование в офлайн-режиме (лично человек-человек). Офлайн режим позволяет лично задавать вопросы, требующие устного и письменного ответа, выполнения некоторых физических действий. Таким образом составлен подход к исследованию, который состоит из трех этапов: составление и исследование статистики своего режима сна-пробуждения с помощью носимого устройства и смартфона, провести мини-тестирование в офлайн-режиме и оценить когнитивные состояния сотрудников, разработка онлайн-инструмента для проведения мини-тестирования когнитивного состояния и исследование результата тестирования. Особенность первого этапа состоит в применении носимого устройства – инструмента для сбора статистики сна-пробуждения.

В ходе исследования SmartBand фиксировал режим сна-пробуждения и были составлены диаграммы о биологическом ритме. Также было проведено небольшое исследование у 11 сотрудников ЦДО Университета ИТМО – оценка когнитивной сферы и составлены таблицы результатов. Затем был разработан инструмент для оценки когнитивного состояния. Рассмотрим результаты каждого этапа. Для определения среднего времени засыпания и пробуждения составлена таблица. Анализируя ежедневные диаграммы о сне в приложении Lifelog и, исходя из таблицы, можно вычислить среднее время засыпания, среднее время пробуждения, среднее значение длительности сна. В случае если среднее время засыпания составило 3:21, среднее время пробуждения составило 10:08, средняя длительность сна – 6:27. Исходя из этого, автор относится к категории «вечернего типа». Длительность сна меньше рекомендуемых 8 ч является нежелательным показателем для здорового образа жизни. Также были замечены неоднократно регулярные последовательности, когда через день длительность сна увеличивается в случае, если длительность предыдущего дня оказывается очень короткой (рисунок). Это говорит о нехватке сна и накоплении усталости.



Рисунок. Еженедельная и ежемесячная диаграмма режима сна

Также на ежемесячной диаграмме зафиксированы недельные ритмы. Наблюдается ежедневное уменьшение длительности сна при приближении к концу недели (рисунок). Во втором этапе исследование проводилось в виде небольшого теста-опроса по методике MMSE. В ходе исследования была выявлена зависимость результата от возраста. Испытуемые старшего возраста медленнее отвечали на вопросы, чем более молодые испытуемые. Также замечено, что некоторым сотрудникам при ответе на пятый вопрос не удается вспомнить ответ в виде определенной последовательности трех слов, который был задан третьим вопросом из теста MMSE. Это говорит о низкой оценке памяти. Таким образом, в ходе проведения теста MMSE были обнаружены легкие когнитивные расстройства у 55% опрошенных. У остальных опрошенных нет когнитивных нарушений. Также был проведен анализ результатов экспериментальной (дополнительной) части теста. Второй вопрос, который требует перечислить список животных в течении минуты, позволяет оценить такие когнитивные состояния, как память, скорость и речь. Данный вопрос оказался наиболее сложным. Так, у многих, спустя около 40 сек, скорость перечисления животных резко замедляется. При сравнении результатов обоих тестов был сделан вывод, что когнитивные расстройства в целом не обнаружены у 3 из 11 сотрудников. В третьем этапе был разработан онлайн-инструмент для проведения тестирования когнитивного состояния и он доступен по адресу <http://chitesuto.academicmt.ru>. В онлайн-тестирование частично входит тестирование по методике MMSE и экспериментальной части тестирования. В ходе исследования на странице статистики установлено следующее: отрицательная корреляция между результатом и длительностью сна (-0,37), отрицательная корреляция между количеством правильных ответов и длительностью сна (-0,23), положительная корреляция между длительностью выполнения ответов и длительностью сна (0,08). Данные показания означают, что в целом средние показания успеваемости оставляют желать лучшего.

В ходе работы на трех этапах было установлено следующее: носимое устройство является эффективным инструментом фиксации режима сна-пробуждения, выявлены легкие когнитивные нарушения у 55% опрошенных при помощи офлайн-тестирования, выявлена отрицательная корреляция между успеваемостью и длительностью сна при помощи онлайн-инструмента тестирования. Также были составлены следующие рекомендации: применить носимое устройство для сбора и исследования точной статистики, например, режима сна-пробуждения; интегрировать в систему дистанционного обучения модуль взаимодействия с носимым устройством для повышения успеваемости учащихся; выполнить мониторинг суточной динамики активности студентов; расширить онлайн-доступ к учебным материалам, что помогло бы уменьшить рассогласованность ритмов очного и дистанционного обучения; в случае, если студент засыпает и хочет спать, например, днем, рекомендуется делать небольшой перерыв для небольшого сна, например, во время перемены между занятиями; также для улучшения успеваемости и повышения производительности рекомендуется лечь спать не позже 23 ч, отложив все дела на раннее утро.

Литература

1. Folstein M.F., Folstein S.E., McHugh P.R. «Mini-mental state». A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician // *Journal of Psychiatric Research*. – 1975. – V. 12. – P. 189–198.
2. Dubois B., Slachevsky A., Litvan I., Pillon B. The FAB: a Frontal Assessment Battery at bedside // *Neurology*. – 2000. – V. 55. – P. 1621–1626.

3. In the City That We Love – The Jawbone Blog [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://jawbone.com/blog/jawbone-up-data-by-city/#moscow>, своб.
4. Which Cities Get the Most Sleep? – The Numbers – WSJ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://blogs.wsj.com/numbers/which-cities-get-the-most-sleep-1662/?KEYWORDS=Jawbone+Up>, своб.
5. Lyamin A.V., Neznanov N.G., Martynikhin I.A., Martynikhin A.V. Circadian Rhythms, Effects of Their Changes, and Asthenia in the Context of Higher Educational Studies with Remote Learning // Neuroscience and Behavioral Physiology. – 2015. – V. 45. – № 5. – P. 583–585.



Парчуков Андрей Валерьевич

Год рождения: 1991

Факультет фотоники и оптоинформатики, кафедра нанотехнологий
и материаловедения, группа № 6676

Специальность: 200100 – Приборостроение

e-mail: a.parchukov@gmail.com

УДК 537.622.4

**СОЗДАНИЕ ПЛОСКИХ ЭКРАНИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ
ЛЕНТ АМОРФНЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ
ОТ ПЕРЕМЕННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ**

А.В. Парчуков (Университет ИТМО)

Научный руководитель – д.т.н. П.А. Кузнецов

(Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов
«Прометей»)

Работа выполнена в рамках договора Университета ИТМО с ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей» о совместной деятельности по подготовке специалистов.

Известно, что электромагнитное излучение негативно воздействует на биологические объекты, а также неблагоприятно влияет на работу технических средств. Таким образом, возникает необходимость создания эффективных систем защиты от полей радиочастотного диапазона, магнитных полей промышленной частоты. Наиболее важными с точки зрения воздействия на биологические объекты следует считать магнитные поля вследствие их большой проникающей способности [1]. На сегодняшний день в России действуют следующие нормативные документы по защите от электромагнитных излучений: ГОСТ 30804.4.3-2013 «Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю. Требования и методы испытаний», СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях», ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07 «Нормы (предельно допустимые уровни) магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях». В соответствии с требованиями СанПин и ГОСТов по электромагнитной совместимости и электромагнитной безопасности требуется защита от магнитных и электромагнитных полей для различных объектов. Защита от негативного воздействия полей базируется на создании магнитных экранов на основе новых материалов с высоким уровнем магнитных характеристик. К традиционным материалам, применяемым для изготовления экранов, относят: пермаллой, альсиферы,

магнитомягкие ферриты, трансформаторную сталь. Использование перечисленных материалов ограничено сложностью технологии их получения, а также высокой чувствительностью к механическим деформациям. В последнее время растет интерес к аморфным и нанокристаллическим сплавам на основе железа и кобальта, обладающим оптимальным сочетанием физико-механических свойств [2].

Целью работы являлась разработка технологии создания на основе лент аморфного магнитомягкого сплава АМАГ-170 плоских экранирующих материалов. В ходе выполнения работы планировалось решить следующие задачи:

1. выбор оптимального режима термической обработки сплава АМАГ-170;
2. исследование влияния повышенных температур на изменение во времени максимальной магнитной проницаемости;
3. изготовление и испытание плоских экранирующих конструкций;
4. моделирование методом конечных элементов плоской экранирующей конструкции и сравнение полученного результата с экспериментальными данными.

В качестве исходного материала для создания плоской экранирующей конструкции был выбран аморфный сплав на основе кобальта АМАГ-170. Он представляет собой ленту толщиной 20–25 мкм, полученную методом спиннингования из жидкой фазы со скоростями охлаждения до 10^6 град/сек [3]. При таких скоростях охлаждения возникают закалочные напряжения, влияющие на магнитные свойства сплава. Термическая обработка позволяет снять эти напряжения, тем самым увеличив магнитные характеристики материала. При этом важно не допустить охрупчивание ленты в результате полной или частичной кристаллизации. Из аморфных лент магнитомягкого сплава предварительно были изготовлены тороидные образцы. Образцы помещались в печь, в которой производился изотермический отжиг на разных температурно-временных режимах. После процедуры термообработки магнитные свойства тороидов-образцов определяются при помощи магнитоизмерительной установки. Экспериментально установлен оптимальный режим термической обработки для сплава АМАГ-170, при котором получены наибольшее значение максимальной магнитной проницаемости ($\mu_{\max}=560600$) и наименьшее значение коэрцитивной силы ($H_c=0,16$ А/м). В результате термообработки максимальная магнитная проницаемость аморфной ленты возросла в 40 раз.

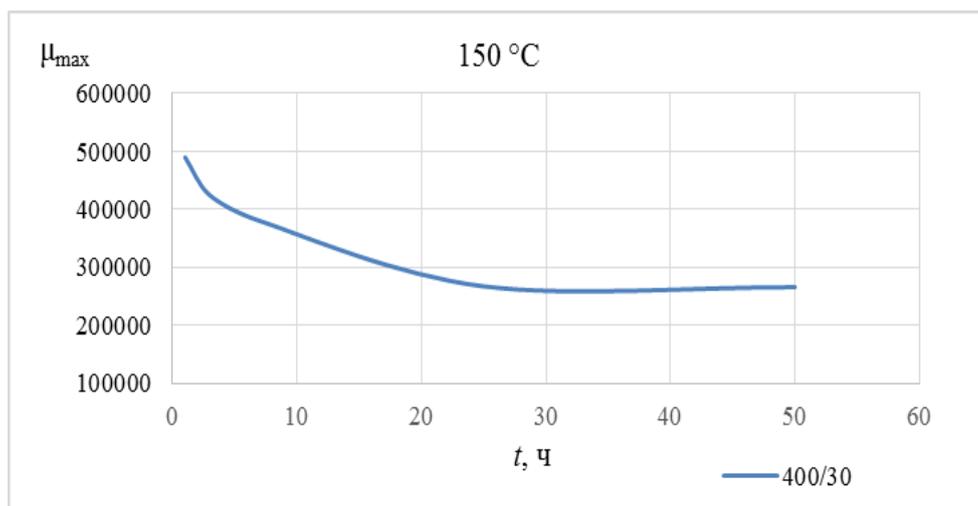


Рис. 1. Зависимость максимальной магнитной проницаемости от времени старения обработанной аморфной ленты при температуре воздействия 150°C

Как известно, для аморфных металлических сплавов характерно термодинамическое неравновесное состояние, так как высокая скорость охлаждения, необходимая для формирования аморфной структуры, приводит к уменьшению

подвижности атомов. В аморфной структуре атомы располагаются таким образом, что при этом не достигается минимум энергии. С течением времени аморфные сплавы релаксируют к более равновесному, энергетически выгодному состоянию. Процессы релаксации сопровождаются необратимыми изменениями ряда физических свойств, в том числе и магнитных [4]. С целью изучения процессов старения магнитомягкого сплава были проведены ускоренные испытания временной стабильности с образцами исходной аморфной ленты и термически обработанной при разных температурах воздействия со временем выдержки от 1 до 50 ч. На основе анализа полученных экспериментальных данных выявлено, что воздействие повышенных температур негативно влияет на магнитные характеристики материала, в частности, на максимальную магнитную проницаемость. При температуре 150°C в течение 50 ч происходит существенное снижение максимальной магнитной проницаемости термообработанной ленты (рис. 1), что в первую очередь может быть связано с изменением структуры вещества в результате упорядочения атомов или фазовых превращений. На основе полученных результатов в работе выданы рекомендации по использованию аморфных лент сплава АМАГ-170 и, следовательно, изготовленных из них магнитных экранов.

Плоские магнитные экраны изготавливались с применением специальной технологии, разработанной и запатентованной ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей» [5]. Размеры экрана составляют 50×50 см. В работе предложена методика для оценки эффективности плоских экранов. Измерения проводятся на экспериментальном стенде по определению коэффициента экранирования модульных магнитных экранов ПМЭ-1 (рис. 2).

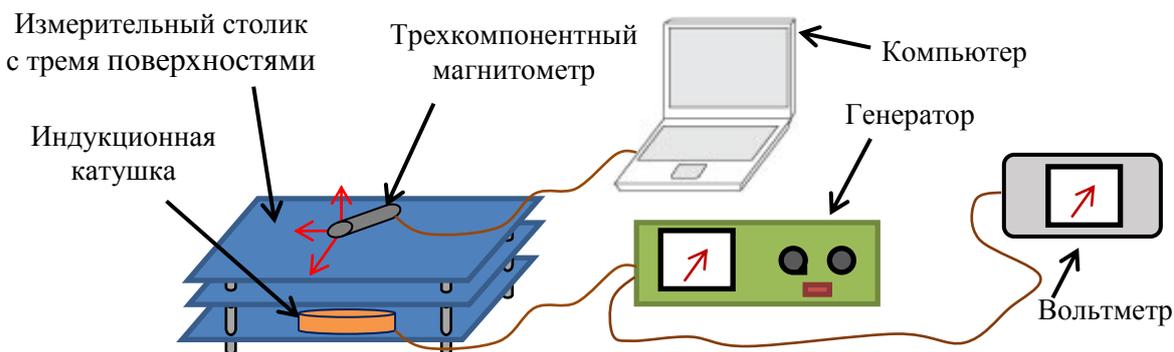


Рис. 2. Экспериментальный стенд по определению эффективности модульных магнитных экранов ПМЭ-1

Основным средством измерения является магнитометр, размещенный на верхней крышке измерительного стола. Испытательным оборудованием являются вольтметр, генератор магнитного поля промышленной частоты и индукционная катушка. Коэффициент экранирования плоских магнитных экранов определяется отношением индукции внешнего магнитного поля без экрана к величине индукции магнитного поля с экраном для заданной точки измерения.

Для численного расчета эффективности экранирования используется пакет программ для моделирования двумерных полей Elcut 6.0. В Elcut были воссозданы условия, соответствующие влиянию магнитных полей промышленной частоты – 50 Гц. С использованием кривых намагничивания, характерных для каждого материала, были смоделированы физические свойства аморфных лент из сплава АМАГ-170, обработанных на разных режимах.

Результаты расчета и полученные экспериментальные значения коэффициента экранирования отражены в виде графика (рис. 3).

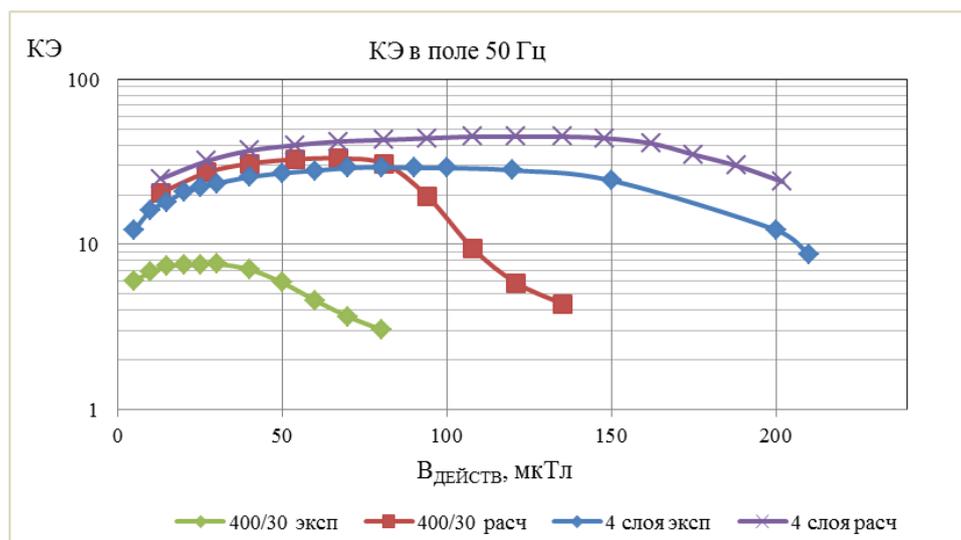


Рис. 3. Сравнение экспериментальных значений с расчетными

Расчет коэффициента экранирования показывает, что однослойный магнитный экран, изготовленный из аморфных лент, прошедших термическую обработку на режиме – 400°C/30 мин, способен ослабить переменное магнитное поле в 33 раза. Экспериментальное значение коэффициента экранирования меньше расчетного в 4 раза. Это может быть обусловлено тем, что в расчетной модели не учитываются щели и несплошности магнитного экрана, т.е. модель соответствует идеальным условиям эксперимента. С увеличением слоев разница между расчетным и экспериментальным значением коэффициента экранирования уменьшается. На эффективность экранирования четырехслойного полотна уже меньшее влияние оказывают щели и несплошности конструкции. Исходя из этого, можно утверждать, что эксперимент приближается к идеальным условиям расчетной модели.

Таким образом, в результате работы был выбран оптимальный режим отжига аморфного магнитомягкого сплава АМАГ-170, проведены климатические испытания опытных образцов, изготовлены плоские экранирующие конструкции и проведена оценка их эффективности, произведен расчет эффективности экранирования переменного магнитного поля методом конечных элементов, выполнен сравнительный анализ расчетных и экспериментальных значений коэффициента экранирования многослойных конструкций. Результаты работы позволят перейти к созданию более эффективных плоских магнитных экранов и их полномасштабным исследованиям.

Литература

1. Кармашев В.С. Электромагнитная совместимость технических средств. Справочник. – М., 2001. – 401 с.
2. Реутов Ю.Я. Классические магнитные экраны. – Екатеринбург: УрО РАН, 2006. – 72 с.
3. Кантор Б. Быстрозакаленные металлы. Сб. научных трудов. – М.: Металлургия, 1983. – 472 с.
4. Стародубцев Ю.Н., Белозеров В.Я. Магнитные свойства аморфных и нанокристаллических сплавов. – Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2002. – 371 с.
5. Способ получения магнитного и электромагнитного экрана // Патент RU № 2375851 от 10.07.2009 // Авторы: Песков Т.В., Васильева О.В., Кузнецов П.А., Савич А.В., Саргсян А.С., Сергеева О.С., Фармаковский Б.В. Патентообладатель: ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей».



Пилютник Николай Константинович

Год рождения: 1983

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра безопасных информационных технологий, группа № 6134

Направление подготовки: 090900 – Информационная безопасность

e-mail: pil@inbox.ru

УДК 05.13.19

СПОСОБ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ СЕТИ ИНТЕРНЕТ НА ОСНОВЕ ЭНТРОПИЙНОГО ПОДХОДА

Н.К. Пилютник

Научный руководитель – д.т.н., профессор И.А. Зикратов

В результате работы был предложен способ на основе энтропийного подхода, позволяющий идентифицировать пользователей в сети Интернет с более высоким уровнем достоверности по сравнению с известными методами на основе энтропии. А также со сниженным уровнем затрат, трудоемкости, ресурсоемкости внедрения и использования; повышенным уровнем устойчивости от внешних воздействий по сравнению с другими известными методами. Традиционные методы идентификации на основе IP и cookie устарели, имеют низкий уровень достоверности и устойчивости, так как легко подвержены воздействию внешних факторов, например, таких как подмена или фальсификация злоумышленниками. Современные же методы имеют в большинстве высокий уровень достоверности, но при этом имеют также высокий уровень стоимости внедрения и использования, и довольно ресурсоемки. Для поддержания необходимого уровня устойчивости во времени требуется периодическая перенастройка, обучение алгоритмов идентификации с привлечением экспертов. Применение энтропийного подхода позволит получить самообучающийся способ идентификации с высоким уровнем достоверности и устойчивости при воздействии внешних факторов при сниженных экономических, трудовых и ресурсных затратах.

Новизна заключается в том, что предложено использовать вместо конечного перечня наиболее информативных признаков неограниченный набор параметров, каждый из которых способен внести свой уровень значимости при принятии решения об идентификации; использовать энтропию в качестве весового повышающего или понижающего коэффициента.

Цель работы: повысить достоверность идентификации пользователей сети Интернет и увеличить уровень устойчивости процедуры идентификации при воздействии внешних факторов. Достижение цели возможно за счет использования вспомогательной информации о компьютере пользователя.

Задачей работы являлась разработка способа идентификации пользователей сети Интернет на основе энтропийного подхода.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью повышения уровня устойчивости в процессе идентификации пользователей в сети Интернет при высоком уровне достоверности и сниженной ресурсоемкости.

Для достижения целей и выполнения задач были проанализированы современные технологии (такие как JavaScript, CSS, переменная `$_server`), позволяющие получить расширенную информацию о браузере и компьютере пользователя.

На основе проведенного анализа были выбраны информативные признаки, характеризующие окружение пользователя. Конечных набор состоял из 32 признаков.

При помощи исследованных технологий был организован сбор информации о пользователях тестового сайта и запись в базу данных для последующего анализа. За период исследований было сделано более полутора миллиона записей о посещениях пользователей.

После сбора статистических данных о посетителях веб-сервера были произведены расчеты. На первом этапе расчетов требовалось получить значения энтропии по каждому из собираемых параметров пользователей. На рис. 1 показано визуальное представление расчетов: по каждому из записанных признаков был произведен расчет частной и общей двоичной энтропии по формуле Шеннона.

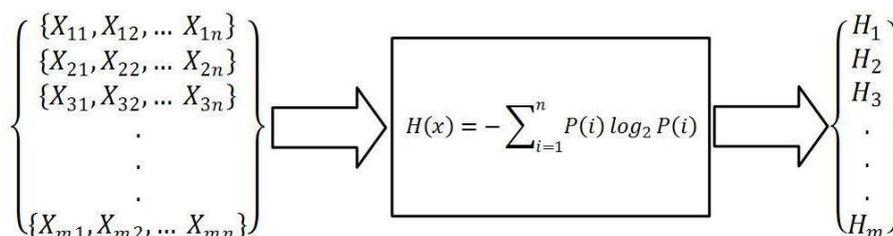


Рис. 1. Расчет энтропии

Значение рассчитанной энтропии дает понимание какую информативность несет тот или иной признак для принятия решения об идентификации: чем больше энтропия, тем выше информативность признака, так как это показывает что признак принимает разные значения у разных пользователей.

На следующем этапе расчетов необходимо было понять, насколько изменяются признаки у одних и тех же пользователей. Для этих целей в качестве эталонного идентификатора был выбран один из наиболее устойчивых из рассмотренных и используемых в работе механизмов идентификации – Evercookie. По всей базе данных были отобраны пользователи, которые посещали сайт 2 и более раз.

Затем проводилось попарное сравнение каждого параметра текущего посещения каждого заведомо идентифицированного пользователя со значением предыдущего посещения на предмет изменения. В случае изменения значения параметра в дополнительном поле фиксировалась единица, в случае неизменности – ноль, т.е. измерялось бинарное расстояние между признаками.

Для выявления значимости изменения каждого параметра по отношению к идентификации к полученным цифрам был применен повышающий коэффициент, значение которого было принято равным рассчитанной ранее энтропии параметра. Например, при обнаружении изменения параметра IP между посещениями одного пользователя применялся коэффициент, равный значению общей энтропии этого параметра в системе (9,763355407534).

Суммируя данные изменений с коэффициентами, была получена суммарная энтропия параметров в каждом посещении всех заведомо идентифицированных пользователей.

Сравнивая полученные данные можно выявить максимальное опытное значение энтропии параметров пользователя, допустимое для одного и того же пользователя в исследуемой системе. На исследуемом веб-ресурсе разброс значений энтропии параметров получился в интервале от 0 до 78,41558653, в большинстве случаев значение составляло 12,33530919 (за счет изменения параметра cookie).

Таким образом, можно предположить, что пороговое значение пользовательской энтропии параметров для опытного ресурса, в рамках которого можно достоверно идентифицировать каждого пользователя, для исследуемого сайта составляет 78,42.

Но данное предположение не учитывает, что разница суммарных энтропий между заведомо разными пользователями может быть ниже рассчитанного порогового

значения. В этом случае, при применении этого порога есть вероятность неверной идентификации.

Для выявления нижнего порога суммарной энтропии параметров между различными посетителями были произведены следующие расчеты.

Параметры каждого посещения заведомо идентифицированного посетителя попарно сравнивались с каждым посещением остальных идентифицированных посетителей по алгоритму бинарного расстояния.

Сравнивая значения пользовательской энтропии параметров между заведомо разными посетителями, были получены следующие данные:

- минимальное значение составило 55,36;
- максимальное значение составило 102,8.

На рис. 2 показано наложение значений энтропии между посещениями одинаковых посетителей со значениями разных посетителей. Видно, что изменения части посещений одних и тех же посетителей заходят в область значений между различными посетителями. При попытке идентификации таких посетителей могут иметь место ложные срабатывания.

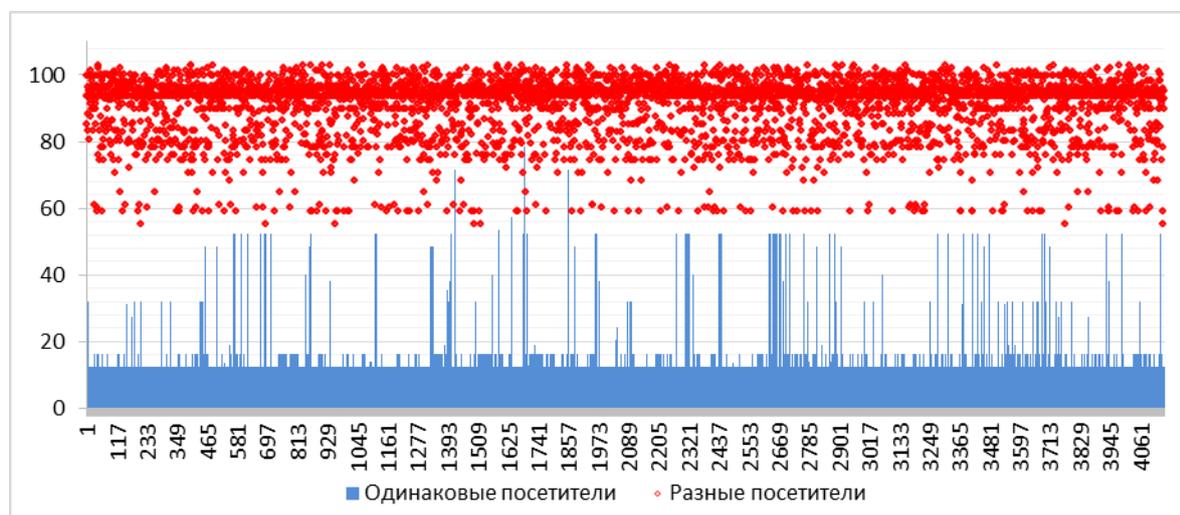


Рис. 2. Сравнение энтропии между одинаковыми и разными посетителями

Для проверки полученных показателей информативности был проведен вычислительный эксперимент. Набор параметров посещения заведомо идентифицированного пользователя сравнивался с наборами всех посетителей. Задача: выявить порог ложного срабатывания алгоритма на основе энтропийного подхода.

По результатам проведенного исследования у 4-х посетителей из 4 154 (0,096%) набор параметров изменился настолько сильно, что данные посетители могли быть неверно идентифицированы при использовании максимального порога значением 78,42. Число других посетителей, пороговое значение у которых меньше 78,42 составило 378 (9,099%).

Зависимость верной и неверной идентификации от порогового значения в процентном соотношении приведены на рис. 3.

Из рис. 3 видно, что уже при довольно низком пороговом значении в 20 бит процент достоверно идентифицированных посетителей составляет 96,7%. Процент растет с увеличением порога до максимального значения в 99,9% (при округленном пороговом значении в 54 бит). При дальнейшем увеличении порога процент идентифицированных пользователей уменьшается и принимает значение ноль при пороге, равном 103.

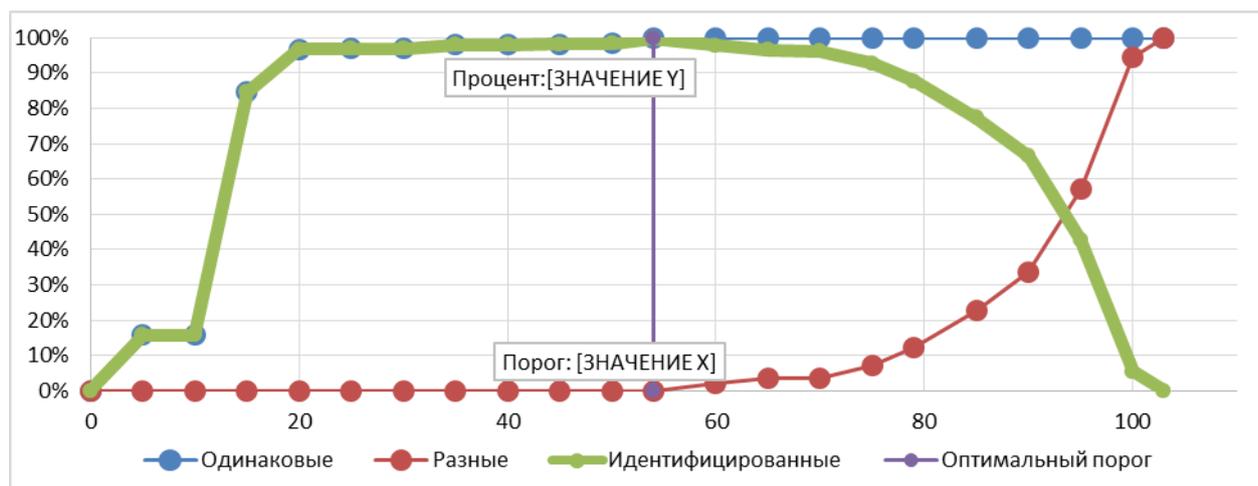


Рис. 3. Определение оптимального порогового значения

При использовании порога идентификации ниже уровня минимального значения суммарной энтропии между разными пользователями (55,36), но не меньше значения 53,85, удалось достоверно идентифицировать 4 150 посетителей из 4 154 (99,904%). Это пороговое значение является оптимальным для опытной системы: максимальный процент достоверно идентифицированных пользователей при отсутствии ложных срабатываний.

Для подтверждения достижения поставленных целей работы был проведен сравнительный анализ разработанного способа идентификации пользователей со способом Electronic Frontier Foundation (EFF), а также с методом на основе использования компонентного профиля, которые также основаны на анализе служебной информации.

Алгоритм EFF позволяет идентифицировать 99,1% пользователей при 0,86% ложных срабатываний (без учета неверных и отсутствующих предположений об идентификации, а также отключенных JavaScript, Java и Flash при повторном посещении). Разработанный же способ позволяет идентифицировать 99,9% пользователей при нулевом уровне ложных срабатываний без дополнительных условий.

Следует учесть, что целью исследования EFF не являлась разработка метода идентификации пользователей, лишь определение угроз приватности посетителей веб-ресурсов.

Особенностью алгоритма EFF является то, что для идентификации используется лишь ограниченный набор наиболее информативных признаков пользователей. В предлагаемом способе используется больший набор признаков, что является преимуществом: в рамках способа, возможно, использовать неограниченное количество параметров, каждый из которых вносит свою часть информативности на основе энтропии.

Дополнительным преимуществом разработанного способа является повышенная устойчивость, т.е. способность сохранять работоспособность при влиянии внешних воздействий. Например, в случае появления способов влияния на какой-то из признаков извне, энтропия этого признака в системе уменьшится, что автоматически снизит его информативность и значимость при идентификации, т.е. способ является самообучаемым.

Метод идентификации на основе регрессионного анализа позволяет идентифицировать пользователей с высокой степенью достоверности, однако для его реализации требуется привлечение дорогостоящих экспертов для получения части

критериев методом экспертных оценок (метод Дельфи). Также для выявления информативности признаков используется довольно сложный и трудоемкий регрессионный анализ признаков. Эти особенности требуют для реализации и практического использования метода периодического привлечение экспертов для пересмотра критериев. Это обусловлено тем, что в постоянно меняющихся условиях есть необходимость пересматривать значения экспертных оценок. Например, сегодня тот или иной признак имеет высокую оценку трудоемкости подмены, но нет никаких гарантий, что на протяжении длительного периода этот уровень будет сохраняться на высоком уровне. Необходимость периодического обновления экспертных оценок является минусом данного метода в отношении стоимости внедрения и поддержки, а также в отношении низкого уровня устойчивости.

В результате сравнения было выявлено, что разработанный способ экономически выгоднее, менее ресурсозатратен, имеет выше уровень устойчивости. Для реализации способа не требуется привлечение экспертов, алгоритм проще и эффективнее.

Результаты исследований и разработанный способ может быть использован в целях повышения достоверности идентификации пользователей веб-ресурсов сети Интернет в качестве вспомогательного инструмента.

Дальнейшее развитие работы:

1. использовать энтропию параметров каждого пользователя в качестве понижающего весового коэффициента. Например, собираемый признак `remote_port` имеет большую энтропию как в целом в системе, так и у каждого пользователя в отдельности. Это дает крайне низкую информативность для идентификации пользователя. Используя понижающий коэффициент можно нивелировать значимость изменения данного признака при идентификации. Это позволит повысить достоверность идентификации при использовании меньшего порогового значения, а также уменьшить уровень ложных срабатываний алгоритма идентификации;
2. сравнивать дополнительно не только последовательное изменений параметров, а изменение во времени для снижения процента неидентифицированных пользователей, которые не входили в систему на протяжении длительного периода, в течение которого анализируемые признаки могли претерпеть существенные изменения, что не позволит им пройти идентификацию с использованием предложенного способа.

Литература

1. Бессонова Е.Е., Зикратов И.А., Колесников Ю.Л., Росков В.Ю. Способ идентификации пользователя в сети Интернет // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – № 3 (79). – С. 134–138.
2. Гатчин Ю.А., Сухостат В.В. Теория информационной безопасности и методология защиты информации. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. – 98 с.
3. Гвоздев А.В., Лебедев И.С. Модель анализа информационных воздействий в открытых информационных системах // Сб. докладов VII международной конференции «Современные проблемы прикладной информатики». – 2011. – С. 45–47.
4. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. – 830 с.
5. Eckersley P. How Unique Is Your Web Browser? // Panopticlick [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://panopticlick.eff.org/browser-uniqueness.pdf>, режим доступа: своб.



Прасолов Никита Дмитриевич

Год рождения: 1992

Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра светодиодных технологий, группа № 6330

Направление подготовки: 200400 – Опотехника

e-mail: nikpras@bk.ru

УДК 536.212

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗОНДА
АТОМНО-СИЛОВОГО МИКРОСКОПА С ПОВЕРХНОСТЬЮ
КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ТВЕРДЫХ ТЕЛ
МЕТОДАМИ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ**

Н.Д. Прасолов

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор П.Н. Брунков

Работа выполнена в рамках темы НИР № 713565 «Новые функциональные наноматериалы с улучшенными свойствами для применений в электронике, оптоэлектронике и сенсорной технике».

Трибологические явления возникают при механическом взаимодействии поверхностей в процессе трения при их относительном движении [1, 2]. На начальном этапе развития трибологии основные задачи носили, главным образом, инженерный характер, поскольку были связаны с исследованием свойств макроскопических контактов деталей различных механизмов. В последствие было показано, что существенную роль в этом процессе играют отдельные множественные микроконтакты, возникающие при соприкосновении трущихся поверхностей. Общая площадь контакта в этом случае значительно меньше, чем это следует из геометрических размеров соприкасающихся деталей [1, 2].

Применение атомно-силового микроскопа (АСМ) является эффективным средством для создания и исследования трибоэлектрических явлений нанометрового масштаба [1]. Контакт зонда АСМ с поверхностью можно описать как контакт одиночной неровности или Single Aspheryity Contact.

Ранее было показано [3], что при трении зондом АСМ поверхности GaAs изменяется топография поверхности под влиянием механического разрушения, и было зафиксировано изменение локального потенциала поверхности в области сканирования, так называемый эффект трибоэлектризации. В настоящее время нет однозначного объяснения данному явлению. Одной из возможных причин называют локальную модификацию работы выхода исследуемой поверхности, чувствительной как к структурной перестройке атомов в приповерхностных слоях, так и к появлению новых электронных поверхностных состояний.

Целью работы являлось исследование взаимодействия зонда АСМ с поверхностью легированного слоя GaAs. Для этого необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать существующие теории, описывающие контакт, схожий с контактом зонд-поверхность;
- изучить метод молекулярной динамики (для краткости МД), для применения его к решению поставленной задачи;
- провести проверку моделей МД на соответствие реальным параметрам;

- провести моделирование контакта средствами МД и сравнить результаты, полученные этим методом, со средствами механики сплошных сред и теоретической моделью.

МД основана на классической динамике, атомы представлены как материальные точки, взаимодействующие друг с другом согласно межатомным потенциалам [4]. Траектории атомов и молекул определяются путем численного решения уравнений движения Ньютона для системы взаимодействующих частиц, где силы между частицами и потенциальная энергия определяются межатомными потенциалами.

Простейшим потенциалом, описывающим зависимость энергии взаимодействия двух атомов от расстояния между ними, является потенциал Леннарда-Джонса. Однако он не подходит для описания более сложных систем, состоящих из большого числа атомов, из-за сильной ориентационной зависимости связей между атомами, которая не учитывается в этом потенциале.

Другой парный потенциал – это модель погруженного атома (embedded-atom model, EAM) используется для описания металлов и сплавов.

Для моделирования таких объектов используются потенциалы многих тел или Many-Body potentials, такие как потенциал Терсоффа (Tersoff potential) или потенциал порядка связи (Bond Order Potential).

Типичная процедура расчета состоит из нескольких этапов:

1. предварительная обработка (определение геометрии, построение кристаллической решетки, выбор потенциала взаимодействия, задание масс атомов);
2. численным решением второго закона Ньютона проводятся расчеты: релаксация энергии (минимизация), уравнивание на определенной температуре (отжиг), начало необходимых расчетов: растяжение, сжатие, столкновение двух тел;
3. анализ полученных данных (результаты расчетов визуализируют, построив 2D- или 3D-модель расположения атомов кристалла и определяют наличие дислокаций, вакансий и проч.).

Для проведения моделирования и анализа результатов были выбраны пакеты Lammmps и Ovito.

Из анализа литературных данных было установлено, что для описания кристаллической решетки соединений A_3B_5 и A_2B_6 оптимальным является потенциал порядка связи [5].

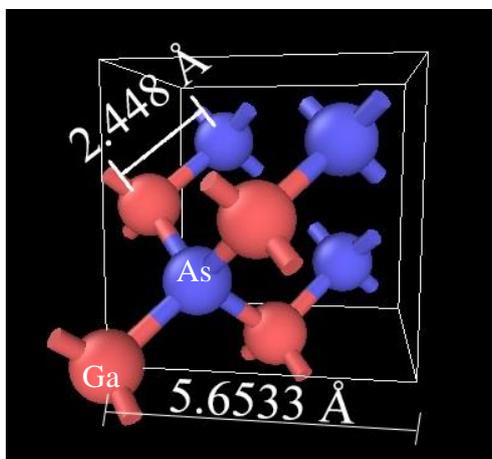


Рис. 1. Элементарная ячейка кристалла GaAs. Красным цветом показан атом Ga, синим – атом As

Используя этот потенциал, была построена модель кристаллической решетки GaAs. Показано, что при температуре 300 К постоянная решетки из расчетов МД равна 5,65 Å, а межатомное расстояние равно 2,4 Å, что совпадает с известными параметрами GaAs.

Построенная элементарная ячейка, состоящая из 8 атомов, представлена на рис. 1, объемная структура создается копированием элементарных ячеек по всем плоскостям.

Следующий этап – это описание методом МД объемного кристалла GaAs и моделирование его механических свойств. Создается кристалл объемом $10 \times 10 \times 10$ элементарных ячеек, затем, в течение некоторого времени система релаксирует, и далее проводится растяжение образца. Параметры кристалла представлены в таблице. После проведения растяжения была проведена оценка коэффициента Пуассона (отношение поперечного сжатия к продольному растяжению). Из модели МД он равен 0,27. Данная величина близка к данным, известным из литературы.

Таблица. Параметры моделируемого кристалла ($10 \times 10 \times 10$)

| Размеры до растяжения | X (ось растяжения) | Y | Z |
|--|--------------------|---------|---------|
| Расчетные размеры ($5,6533 \cdot 10$), Å | 56,5330 | 56,5330 | 56,5330 |
| Смоделированные размеры L , Å | 56,7594 | 56,7594 | 56,7594 |
| Размеры после растяжения, Å | 68,1114 | 53,6930 | 53,6852 |
| Изменение размера ΔL , Å | 11,3520 | -3,0664 | -3,0742 |
| Деформации (продольная для X и поперечные для Y и Z), ϵ | 0,2000 | -0,0540 | -0,0542 |

Для описания взаимодействия зонда АСМ и слоя GaAs была предложена упрощенная модель:

- индентирование проводилось абсолютно твердой полусферой, движущейся с постоянной скоростью;
- не учитывались действия капиллярных и адгезионных сил.

Задаем параметры моделирования.

Высота слоя GaAs равна 62 Å; длина и ширина слоя GaAs равна 226 Å; радиус индентора – 51 Å. Глубина индентирования d , радиус пятна контакта a .

Модель содержит 144000 атомов.

Используем следующие граничные условия:

- основание образца является абсолютно жестким;
- на вертикальные стенки поставлены циклические граничные условия.

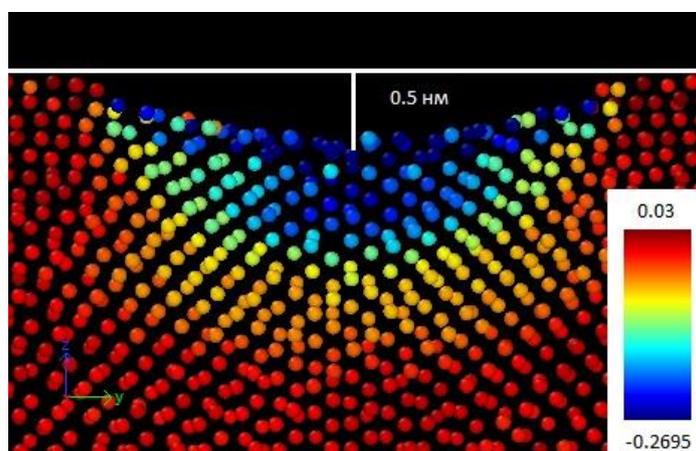


Рис. 2. Моделирование методом МД распределения деформаций при индентировании слоя GaAs на глубину 0,5 нм

На рис. 2 представлены результаты расчета изменения положения атомов в слое GaAs методом МД при индентировании слоя GaAs на глубину 0,5 нм.

Цветом отражена величина вертикального компонента тензора деформаций, максимальное по модулю значение которого (0,43) располагается на глубине до 0,5 нм под индентором, при этом радиус пятна контакта a , составляет порядка 2,1 нм.

Для сравнения были проведены расчеты в такой же геометрии методом конечных элементов (МКЭ) в модели сплошных сред, где были получены аналогичные результаты, что указывает на то, что модель на основе МД достаточно хорошо описывает механические свойства системы зонд-кристалл.

Связь напряжения с деформацией обеспечивает модуль Юнга – E . Напряжение в данной модели равно 23 ГПа, что превышает твердость GaAs, равную 6,8 ГПа.

Таким образом, в ходе выполнения работы были изучены проблемы трибологии, пути их решения методами механики сплошных сред и молекулярной динамики.

Для кубического нанокристалла GaAs со стороной 5 нм показано, что коэффициент Пуассона, полученный методом молекулярной динамики близок к параметрам объемного материала.

Методами молекулярной динамики и механики сплошных сред было проведено моделирование наноиндентирования поверхности кристалла GaAs. Установлено, что параметры, полученные с помощью метода молекулярной динамики, близки к параметрам в модели механики сплошных сред.

Показано, что описание взаимодействия зонда АСМ с поверхностью GaAs на атомарном уровне возможно с использованием методов молекулярной динамики.

Дальнейшая работа предполагает нахождение решения следующих задач:

- индентирование и возврат индентора в исходную точку;
- движение индентора по поверхности;
- замена жесткого индентора на материал;
- согласование различных потенциалов взаимодействия в рамках одной задачи;
- построение модели, наиболее близкой по параметрам к реальной (размеры, материалы, время).

Литература

1. Bhushan B. Nanotribology and Nanomechanics: Measurement Techniques and Nanomechanics. – Berlin-Heidelberg, Springer-Verlag, 2011. – 641 p.
2. Попов В.Л. Механика контактного взаимодействия и физика трения. От нанотрибологии до динамики землетрясений. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 352 с.
3. Брунков П.Н., Гончаров В.В., Рудинский М.Э., Гуткин А.А., Гордеев Н.Ю., Лантратов В.М., Калюжный Н.А., Минтаиров С.А., Соколов Р.В., Конников С.Г. Локальная трибоэлектризация поверхности n-GaAs с помощью зонда атомно-силового микроскопа // ФТП. – 2013. – Т. 47. – Вып. 9. – С. 1181–1184.
4. Markus J. Buehler. From nano to macro: Introduction to atomistic modeling techniques // Lecture series. – 2006. – P. 20–33.
5. Albe K., Nordlund K., Nord J., Kuronen A. Modeling of compound semiconductors: Analytical bond-order potential for Ga, As, and GaAs // Physical Review B. – 2002. – V. 66. – P. 1–12.



Сапунова Наталия Петровна

Год рождения: 1981

Инженерно-физический факультет, кафедра твердотельной
оптоэлектроники, группа № 6246

Направление подготовки: 223200 – Техническая физика

e-mail: modernns@yandex.ru

УДК 535.649

ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОВРЕМЕННОГО ОЩУЩЕНИЯ ЧЕЛОВЕКОМ ЦВЕТА И ЗВУКА

Н.П. Сапунова

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.Т. Прокопенко

Сегодня, в современной картине мира каждый человек испытывает огромные нагрузки. Это и ритм жизни (современный темп жизни мегаполисов), стрессовые ситуации на работе, трудности семейной жизни, бытовые конфликты и многое другое. Практическое применение целевого воздействия аудиовизуальных систем на ощущения и восприятие человека, а также использование оптико-электронные средства в качестве немедикаментозной терапии дает возможность улучшить уровень психоэмоционального состояние человека и тем самым качественно повысить показатель этого определяющего фактора. **Целью исследования** являлись разработка и исследование аудиовизуальных средств снижения стресса.

Так, исследования, проводимые организацией IOSHA (Improving Occupational Safety and Health Awareness of Employers and Employees in CEE, <http://www.iosha.eu/>) в 2009–2012 годах показали, что ежегодно от заболеваний, полученных на рабочем месте, в Европе умирает 167 000 человек. Главным фактором (35,4%) является стресс, ежегодно 23 млн. граждан ЕС нуждаются в неотложном лечении в связи со стрессом на рабочем месте; экономические потери составляют 4% ВВП или более 500 млрд. евро. При этом вопросами реабилитации на данный момент занимается только 9,3% работодателей, 20,3% планируют внедрять соответствующие программы. Идеальным средством для расслабления является естественная аудиовизуальная стимуляция. Замечено, что спектральные составы природных факторов (шум водопада, пение птиц, огонь костра и т.д.) схожи с ритмами мозга в нормальном состоянии. Однако получить подобные стимуляции в условиях большого города бывает затруднительно. В связи с этим активно разрабатываются различные методы и средства аудиовизуальной стимуляции, которые могут применяться как самостоятельно, так и на базе медицинских учреждений.

Окружающий нас мир, в основе своей, мы воспринимаем двумя главными чувствующими системами, а именно зрительной и слуховой. Ни для кого не секрет, что в нашей повседневной жизни мы все больше и больше сталкиваемся с все более агрессивными средами воздействия на наши органы чувств. Это – шум (как бытовой и офисной техники, так и транспортный, и даже промышленный), а также все более «зашумленный», «засоренный» зрительный ряд воздействует на организм человека, не зависимо от его – человека, на то желание. И мы, все чаще и более замечаем, что наш организм все больше и больше устает. Ведь все звуки и зрительная информация, осознаем мы это или нет, хотим мы того или нет, оказывают сильнейшее воздействие на наше самочувствие и сознание. Как главный вывод вышесказанного виной различных психоэмоциональных расстройств является стресс различного генеза.

Деятельность того или иного из наших органов чувств (глаза, уха и др.) определяется не только теми процессами, которые вызываются путем прямого раздражения данного органа чувств, но что она в значительной мере может зависеть и от изменений, происходящих в других чувствующих системах. Иными словами, встает вопрос о взаимной связи, взаимодействии наших органов чувств или, говоря шире, о взаимодействиях афферентных систем нашего организма [1].

Цвет и звук создают изменения в работе головного мозга, стимулируя его деятельность, воздействуя на основные чувствующие системы – через слух и зрение. Цвет и звук могут быть не только грозной силой, способной приносить вред, но и, конечно, мощнейшим оружием, работающим на пользу организма человека. Необходимость параллелизма «звук-свет» и возможности светового психофизиологического резонанса усиливают эффект музыки (и наоборот) [2]. Используя различные виды и способы воздействия можно вызвать искомый резонанс в различных системах или частях нашего организма. Таким образом, мы можем активизировать как физиологическую (системную), так и эмоциональную активности, непосредственно связанные с данной зоной воздействия. Этому можно найти интересное применение в различных областях жизнедеятельности человека. Начиная с применения в психотерапии и иных дисциплинах, занимающихся связями мозга и эмоциональной сферы, профилактических и лечебных целях функциональных расстройств и других методик более широкого или, наоборот, более узкого воздействия и целей применения конкретных методик или контентов.

Вибрационная (волновая) природа звука и цвета, способна создать язык, который, в свою очередь, понимают и наше тело, и наш мозг (сознание). Получив возможность изменять порядок слов в предложении, мы получим возможность изменить и смысл всего предложения, а значит, и возможность общения с нашим организмом на понятном ему и нам языке, языке цветозвукового воздействия. Если считать цветомузыку языком или информацией, то перед нами откроются совершенно новые возможности для понимания ее влияния на человеческий мозг, а значит, и на весь организм в целом.

Нельзя забывать и о том важном факте, что, как и музыка, да и любой звук, так и цвет способны воздействовать не только как факторы физические (т.е. как колебания определенной частоты), но они еще содержат в себе некий весьма необычный и своеобразный психоэмоциональный (возможно ассоциативный) ряд. Это создает удивительное ощущение, испытываемое участником представления «Звук и Свет» [3]. И этот момент весьма важен, так как он также оказывает невероятно сильное воздействие на человека.

Музыка и цвет способны оказывать мощное влияние на работу мозга. На этом факте основано явление, так называемой естественной аудиовизуальной стимуляции. Которая, в свою очередь, может стать идеальным средством не только борьбы со стрессами, как главной губительной для современного человека силы, но и быть «проводником», промежуточным звеном – тем мостом, через который могло бы идти сообщение между нами и нашим организмом на уже ином, более высоком уровне.

В результате исследования был проведен эксперимент, который показал принципиальную возможность повышения показателя работоспособности человека, как основного показателя снижения воздействия на него стресса. В качестве аудиовизуального контента в исследовании были использованы светомузыкальные спектакли театра Люкс Этерна («lux aeterna theatre»), с которым кафедра твердотельной оптоэлектроники сотрудничает с 2008 года.

Световые образы визуального контента театра Люкс Этерна формируются при прохождении (или при отражении) лазерного излучения через амплитудно-фазовые

транспаранты, в роли которых выступают пластиковые или стеклянные поверхности, оптические элементы (в том числе с дефектами), пленки, жидкости. Абстрактные картины, лежащие в основе световой формы, получаются в основном за счет дифракции излучения на неоднородностях транспаранта, и представляют собой интерференционные картины. Базовым изображениям можно задать динамику несколькими способами или их комбинацией:

- сканированием лазерного пучка по поверхности формообразующего элемента;
- вращением формообразующего элемента вокруг своей оси;
- изменением формы поверхности транспаранта за счет термического воздействия излучения.

Также у визуальной сцены существует возможность менять яркость и цвет.

Методика эксперимента состояла в поочередном предъявлении испытуемому тестового задания и воздействия на него звукоцветового контента двух различных видов. В виде тестового задания испытуемым давали тест «Кольца Ландольта», в котором испытуемому предлагалось, просматривая таблицу теста, найти и указать кольца определенного типа. Тип колец определялся случайной генерацией. По истечении контрольного времени собирались результаты по итогам прохождения теста. Результаты теста анализировались по параметрам скорости и точности, через которые выводился показатель продуктивности. После прохождения теста с испытуемым проводился сеанс цветозвукового воздействия.

Экспериментальная установка представляет собой прототип релаксационного кабинета: в качестве экрана используется полусфера с диаметром основания 3 м. На рис. 1 показан респондент, который располагается в удобном кресле в полулежачем положении во время прохождения сеанса цветозвукового воздействия.



Рис. 1. Сеанс цветозвукового воздействия

Участниками фокус-группы были девушки и молодые люди в возрасте от 21 до 34 лет.

Последовательность действий в эксперименте:

1. испытуемые проходили тест 4 раза подряд, для исключения эффекта «натренированности»;
2. далее следовал сеанс цветозвукового воздействия 1 вида;
3. испытуемые снова проходили тест 4 раза подряд;
4. затем снова следовал сеанс цветозвукового воздействия, но уже 2 вида;
5. и, в заключении, испытуемые снова проходили тест 4 раза подряд.

Данный контент был предложен испытуемым в двух видах, в которых отличался как визуальный, так звуковой ряд. Первый вид контента представлял собой визуальный ряд, сочетавший в себе взаимодействия звуковой дорожки приятной спокойной мелодии и трех цветов: зеленого, синего и красного. Второй вид контента представлял собой также звуковую дорожку, отличную от первой, но сходную по содержанию и уже одного цвета – синего.

Важно отметить, что контент звукоцветового воздействия имел не только разные цветомузыкальные характеристики, но и различное назначение по направлению воздействия. А именно: первый вариант контента имел задачу возбудить респондента эмоционально, повысить его психоэмоциональный и физический тонус. Вселить состояние бодрости, энергичности и дать в целом эффект «подъема», что должно было оказать влияние на повышение уровня работоспособности. Второй же контент, напротив, имел своей задачей успокоить и расслабить респондента, погрузить в некое состояние внутреннего покоя, сходное с медитативным.

Изменения «продуктивности» как в целом на всю контрольную группу исследования, так и оценка изменений по гендерной принадлежности, показали прирост этого показателя на 75%, что не может не говорить в пользу имеющегося положительного воздействия первого контента и выполнения им своей целевой функции, а именно, увеличение работоспособности. Рассматривая влияние и его результат после воздействия второго контента, можно отметить, также целевой результат направленного действия второго вида цветомузыкально воздействия.

Это подтверждается снижением показателя увеличения «продуктивности» – 30% и увеличением показателя снижения «продуктивности» – до 45%, что как раз и может свидетельствовать о падении уровня концентрации внимания под расслабляющим действием, оказанным вторым видом контента. Общие результаты изменения показателя продуктивности приведены на рис. 2.

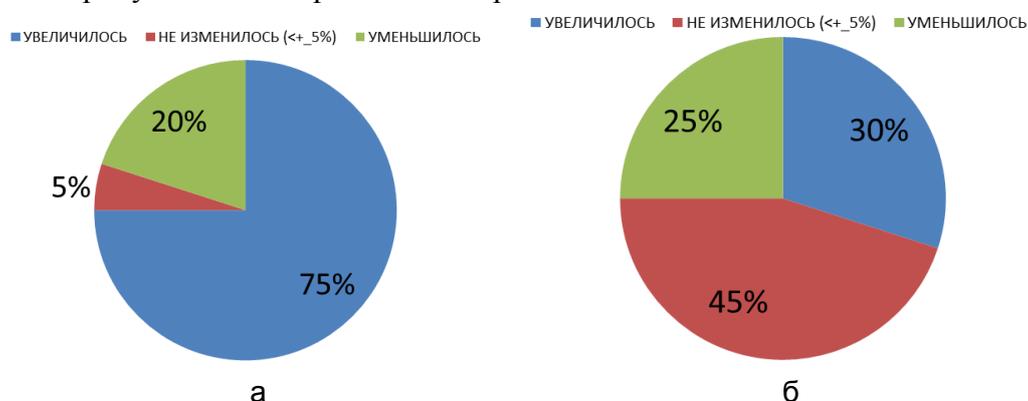


Рис. 2. Изменение показателя продуктивности после воздействия первого (а) и второго (б) типов контента

В проведенном исследовании был доказан факт состоятельности не только положительного действия на участников эксперимента, но именно целевого применения данного вида цветомузыкального воздействия как действенного инструмента по воздействию на психоэмоциональное, функциональное и другие жизненно-важные состояния человека. Результаты исследования показали факты оказываемого влияния на работоспособность человека, на зрительные и слуховые ощущения которого было оказано звукоцветовое воздействие. Факт влияния доказательно неоспорим, что дает право сделать заключение об определенной степени возможности оказывать конкретные – целевые виды воздействия на человека звуком и цветом, при одновременном их использовании и, руководствуясь различными целями и задачами данного воздействия – получать искомые результаты.

Литература

1. Кравков С.В. Взаимодействие органов чувств. – М-Л.: Академия наук СССР, 1948. – 117 с.
2. Юрьев Ф.И. Музыка света. – Киев: Музична Украина, 1971. – 98 с.
3. Галеев Б.М. Представления «Звук и Свет» в системе искусств // Материалы третьей конференции по проблеме «Свет и Музыка». – 1975. – С. 191–194.



Сердюков Дмитрий Александрович

Год рождения: 1991

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем,
группа № 6160

Направление подготовки: 090900 – Информационная безопасность
e-mail: dmserdyukov@gmail.com

УДК 004.415.2

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА
ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ**

Д.А. Сердюков

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Малинин

Современный мир диктует необходимость перехода на электронную форму представления информации. Конечно, традиционный бумажный и электронный виды документооборота еще долгое время будут сосуществовать, вынуждая к дублированию документации, как на цифровых носителях, занимая свободное пространство, так и на бумаге, заполняя полки архивов. Тем самым, нивелируется один из главных плюсов электронной формы – экономия природных ресурсов: в частности, леса и составляющих для производства красок и чернил. Однако весомой причиной сохранения актуальности, на первый взгляд архаичного способа хранения и передачи информации, помимо недоверия, нежелания инвестировать в инфраструктуру и обучение персонала, являются угрозы нарушения конфиденциальности, целостности и доступности информации, хранимой на электронных носителях. Причем их количество едва ли не превосходит множество угроз для традиционных носителей. Таким образом, можно прийти к выводу, что информационные системы нуждаются в грамотно выстроенной системе защиты. В то же время, стоимость оплаты труда квалифицированного специалиста по информационной безопасности достаточно высока и для новообразованного малого или среднего предприятия может оказаться «неподъемной» на этапе развития. Данный фактор касается и бюджетных учреждений, кадровый состав в которых жестко регламентирован. Вследствие данного фактора, вся ответственность за обеспечение безопасности данных ложится на системного администратора, который и без того отвечает за функционирование всей работы информационной инфраструктуры. В случае же краткосрочных контрактов с аутсорсинговыми компаниями, есть риск получить типовую конфигурацию, а также дополнительную угрозу утечки информации, путем доступа к ней внештатных работников. При развертывании системы информационной безопасности в бюджетных учреждениях существует вероятность получения некачественной услуги из-за формального соблюдения требований конкурса по осуществлению данного типа работ.

В зависимости от ценности, обрабатываемой на предприятии информации, в случае внешнего вторжения, существует возможность понести колоссальные убытки: как репутационные, так и финансовые.

В случае создания автоматизированной системы, способной на основании определенных категорий вопросов выявлять свойства информационной сети, анализировать на основании полученных ответов ее возможные уязвимости и предлагать программные средства, направленные на устранение этих угроз, многие предприятия могли бы, на приемлемом уровне, решить свои проблемы с обеспечением необходимой степени безопасности.

Таким образом, разработка автоматизированной системы выбора программных средств защиты информации позволит организациям без существенных затрат и специализированных знаний у сотрудников подготовить соответствующую требованиям организации конфигурацию для безопасного хранения, обработки и передачи информации в собственной информационной системе.

Цель работы – разработка автоматизированной системы для формирования отчета о конфигурации рекомендуемых программных средств обеспечения безопасности объектов информационной инфраструктуры, на основании данных и требований, полученных от ее пользователя.

Для достижения заявленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- разработать архитектуру автоматизированной системы;
- детализировать структуру базовых элементов;
- осуществить анализ данных для наполнения элементов знаниями;
- определить формат взаимодействия с пользователем;
- разработать единую методику оценки программных средств;
- создать алгоритм формирования отчета об искомой конфигурации;
- осуществить взаимодействие алгоритма и интерфейса пользователя.

При разработке архитектуры системы были использованы труды следующих авторов: В.Ф. Шаньгин [1], И.Р. Конеев, А.В. Беляев [2], М.М. Котухов, А.Н. Кубанков, А.О. Калашников [3], А.М. Кенин, С.М. Платунова.

В результате в основу системы легла следующая зависимость: необходимость в средствах защиты зависит от потенциальных угроз, а наличие угроз зависит от параметров информационной системы. Из нее система получает три базовых элемента: базы знаний об угрозах, параметрах и средствах защиты, которые нуждаются в разработке внутренней классификации и наполнении данными.

База об угрозах, состоит из пяти компонентов: это угрозы свойственные: типам топологии сети, видам разграничения прав между узлами сети, каналам передачи данных, видам внешних подключений, сценариям использования информационной системы.

В свою очередь, программные средства можно разделить на средства защиты локальных узлов, доменных структур, межсетевых соединений, серверов, доступных по различным протоколам из сети Интернет. Помимо категорий и наименований, в базе хранятся параметры программных средств – это полученные экспертные оценки и дополнительные свойства. Всего база насчитывает 25 различных категорий по 4 программных средства в каждой. В среднем, для сравнения программных средств использовалось не менее 20 различных свойств в каждой категории.

Следующая база – это совокупность параметров информационных систем. Она разбита на блоки: вопросов о структуре информационной системы, сценариях использования, применяемом программном обеспечении, количественных характеристиках (например, количество автоматизированных рабочих мест (АРМ)). А также есть два блока параметров, связанных с законодательно регулируемые типами информационных систем. С учетом задач разработки данные типы систем обладают

важными особенностями: определенным базовым перечнем средств защиты, а также требованием по использованию сертифицированных средств защиты [4, 5].

После классификации и наполнения данными первичных структурных элементов, появилась необходимость в выработке формата взаимодействия с пользователем. Им была выбрана схема «вопрос-ответ». Для хранения вопросов используется соответствующая база знаний, которая завершает формирование ядра системы. Всего было разработано 60 вопросов. Структура этой базы является множеством систематизирующим параметры информационных систем, превращая их в ответы на вопросы. Исходя из количества вопросов, можно говорить о 60 различных оцениваемых параметрах. Последовательность и количество предъявляемых вопросов зависит от предшествующих ответов.

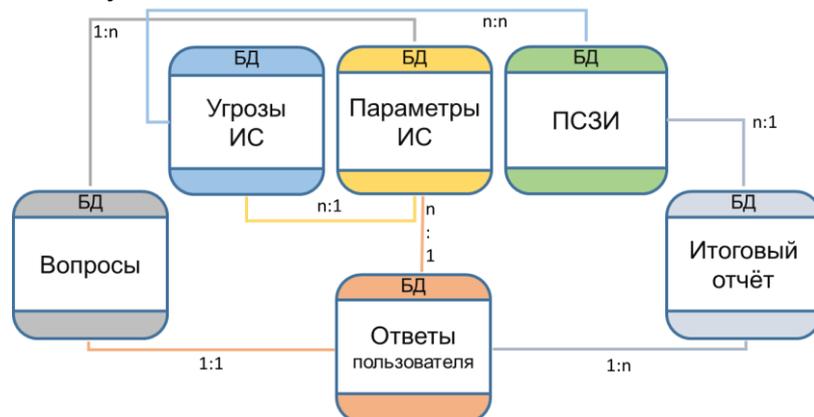


Рис. 1. Схема взаимосвязи элементов системы

В общем итоге, для работы системы добавляются базы хранения ответов пользователя и итогового отчета. Взаимодействие между структурными элементами, показано на схеме данных (рис. 1).

Как было указано ранее, все программные средства, среди которых производится выбор для включения в итоговый отчет, получили экспертные оценки. Оценки выставлялись по следующим критериям: функциональность, ресурсоемкость, эффективность, стоимость.

Каждый критерий оценки программного средства защиты информации (ПСЗИ) имеет свои подкритерии – свойства исследуемого продукта. Оценка подкритерия осуществляется по пропорциональной шкале от «0» (где 0 – отсутствие функции) до «1» (где 1 – полная или наилучшая реализация функции, наименьшая, среди категории программных средств, стоимость). В рассмотрении каждого критерия необходимо учитывать несколько различных оцениваемых свойств, а также весовой коэффициент важности каждого из свойств.

Расчет количественного представления каждого из критериев внутреннего сравнения программных средств в автоматизированной системе осуществляется по формуле:

$$K = \frac{(i_1 \times r_1) + \dots + (i_n \times r_n)}{n},$$

где K – коэффициент критерия; i – весовой коэффициент важности свойства; r – оценка свойства; n – количество свойств.

Важной задачей при разработке стало обеспечение возможности регулировать итоговую конфигурацию в зависимости от потребностей пользователя. Для этого предназначен регулятор, с вышеперечисленными критериями оценки. Пользователю доступна общая шкала в 100%, соотношение в которой он может регулировать самостоятельно. Благодаря регулятору можно включить в итоговый отчет, например, наиболее выгодные с точки зрения приобретения продукты.

После окончания процесса формирования архитектуры системы, была произведена программная реализация приложения на языке программирования Visual Basic.NET в среде Visual Studio 13. Интерфейс приложения представлен на рис. 2.

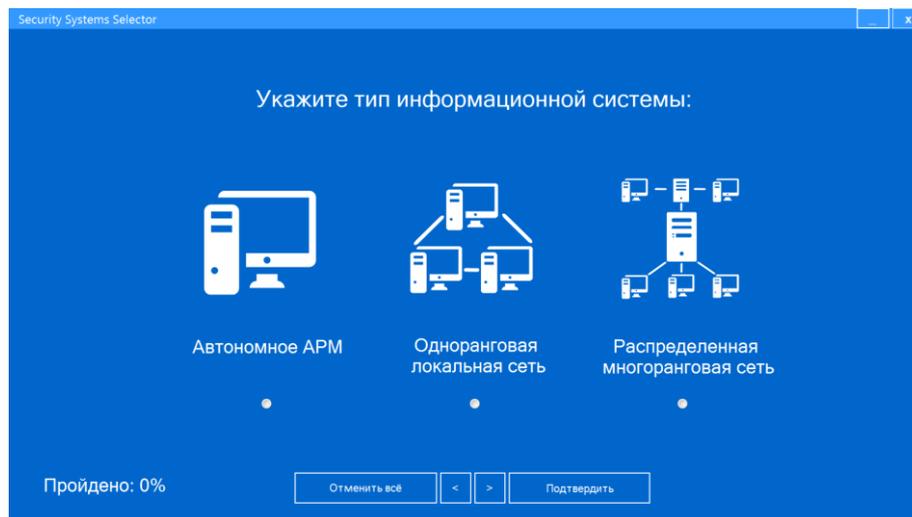


Рис. 2. Экран ответа на вопрос с выбором одного варианта

Также приложение содержит экраны для: вопросов с вводом количественных характеристик; вопросов с множественным вариантами ответов; информационных сообщений об определенном уровне или классе защищенности законодательно регулируемых информационных систем, регулятора пользовательских параметров; сравнения программных средств; отображения итогового отчета. Итоговый отчет возможно экспортировать в качестве таблицы формата *.xls.

В рамках выполнения работы, после анализа и структурирования параметров информационных систем, присущих им угроз, формирования методик оценки и автоматизированного выбора средств защиты информации, анализа данного сегмента рынка программных средств, разработки алгоритмов формирования итогового отчета, проектирования интерфейса пользователя – реализовано программное средство, соответствующее требованиям, сформулированным в цели работы.

Литература

1. Шаньгин В.Ф. Защита информации в компьютерных системах и сетях. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 592 с.
2. Конеев И.Р., Беляев А.В. Информационная безопасность предприятия. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 752 с.
3. Котухов М.М., Кубанков А.Н., Калашников А.О. Информационная безопасность: учебное пособие. – М.: Академия ИБС: МФТИ, 2009. – 195 с.
4. Приказ Федеральной службы по техническому и экспортному контролю от 18 февраля 2013 № 21 «Об утверждении Состава и содержания организационных и технических мер по обеспечению безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных» // Российская газета. – 2013. – № 6083 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rg.ru/2013/05/22/soderjanie-dok.html>, своб.
5. Приказ Федеральной службы по техническому и экспортному контролю от 11 февраля 2013 года № 17 «Об утверждении Требований о защите информации, не составляющей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах» // Российская газета. – 2013. – № 6112 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rg.ru/2013/06/26/gostajna-dok.html>, своб.



Смирнов Сергей Николаевич

Год рождения: 1992

Инженерно-физический факультет, кафедра лазерных технологий
и лазерной техники, группа № 6222

Направление подготовки: 200500 – Лазерная техника и лазерные
технологии

e-mail: s.n.smirnov@inbox.ru

УДК 535.21+534-143+616-0.89.879

МОЩНЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ ЛАЗЕР БЕЗОПАСНОГО ДЛЯ ГЛАЗ ДИАПАЗОНА С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ

С.Н. Смирнов

Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. С.В. Гагарский

Актуальность темы. Лазерное излучение безопасного для глаз диапазона длин волн (1,4–1,8 мкм) в настоящее время с успехом применяются в дальнометрии, линиях передачи информации и технологии. Благодаря высокому значению коэффициента поглощения излучения этого спектрального диапазона в средах с высоким содержанием молекул воды его применение представляет большой интерес в медицине. В частности, излучение безопасного для глаз диапазона перспективно для применения в микрохирургии глаза. Так, например, в комплексах серии «РАКОТ» излучение мощного твердотельного лазера на длине волны 1,444 мкм успешно используется для удаления хрусталиков, пораженных катарактой [1]. Применение лазерной технологии имеет ряд неоспоримых преимуществ перед наиболее широко распространенным методом ультразвуковой факоэмульсификации. Технология лазерной экстракции, построенная на применении фемтосекундных импульсов [2] предполагает использование дорогостоящей аппаратуры и, кроме того, для удаления плотных катаракт требуется дополнительное использование ультразвуковой факоэмульсификации. Используемый в «РАКОТ» Nd:YAG-лазер с ламповой накачкой генерирует импульсы в режиме свободной генерации с энергией до 300 мДж, длительностью до 200 мкс и частотой повторения до 20 Гц. Низкое значение сечения усиления на штарковских подуровнях неосновного лазерного перехода ${}^4F_{3/2} - {}^4I_{13/2}$ ионов неодима [3] определяет необходимость использования киловаттного уровня мощности источника питания ламповой накачки для достижения, требуемых для эффективной работы комплекса выходных параметров. Высокое энергопотребление и необходимость использования мощной системы охлаждения приводит к тому, что комплекс «РАКОТ» имеет довольно значительные габариты и вес, хотя по этим показателям он не уступает сложным фемтосекундным лазерным системам.

Одним из направлений развития аппаратуры этого класса является проектирование малогабаритных мобильных комплексов на базе твердотельных лазеров с диодной накачкой. При этом, помимо надежности работы и экономической обоснованности, современный комплекс должен обеспечивать высокую производительность процесса фрагментации катарактального хрусталика. В соответствии с современными требованиями время проведения операции средней сложности не должно превышать 2–3 мин.

Цель работы – проведение комплекса исследований, направленных на повышение производительности процесса фрагментации катарактального хрусталика при помощи лазерного излучения, а также проектирование малогабаритного твердотельного излучателя eye-safe диапазона длин волн для компактного, мобильного комплекса для лазерной экстракции катаракт.

Основные задачи:

1. макетирование твердотельного лазера безопасного для глаз диапазона с диодной накачкой, активным элементом (АЭ) слэбовой конфигурации и модуляцией полезных потерь резонатора;
2. апробация режима генерации пачек импульсов путем нескольких срабатываний нарушения полного внутреннего отражения (НПВО)-затвора на одном импульсе накачки;
3. изучение взаимодействия микросекундных импульсов излучения с энергией порядка 100 мДж ($\lambda=1,54$ мкм) с модельной средой;
4. определение оптимального периода повторения импульсов, отвечающего критерию безопасности проведения операции.

Результаты работы. Ранее был исследован макет лазера на иттербий-эрбиевом стекле с двумя цилиндрическими активными элементами. Существенными проблемами такого макета были наведение сложной бифокальной тепловой линзы и резкое уменьшение коэффициента усиления при увеличении средней мощности излучения накачки.

Альтернативой цилиндрической форме АЭ является слэбовая конфигурация. Выбор данной геометрии обусловлен необходимостью увеличения площади поперечного сечения АЭ с целью уменьшения тепловой и лучевой нагрузки.

В работе проведен тепловой расчет квантрона лазера-прототипа с двумя цилиндрическими АЭ и квантрона, разработанного для АЭ слэбовой конфигурации. Параметры накачки, необходимые для достижения на слэб-элементе значения энергии в импульсе, соответствующего полученной на макете лазера-прототипа максимальной энергии, были установлены путем моделирования лазерной генерации. Расчеты показали, что при одинаковых значениях выходной энергии максимальная температура АЭ при слэб-геометрии примерно в 1,5 раза меньше, чем для цилиндрических АЭ в квантроне лазера-прототипа.

Спроектирован макет лазера на иттербий-эрбиевом фосфатном стекле с диодной накачкой, имеющий трехзеркальный резонатор и работающий в режиме модуляции полезных потерь.

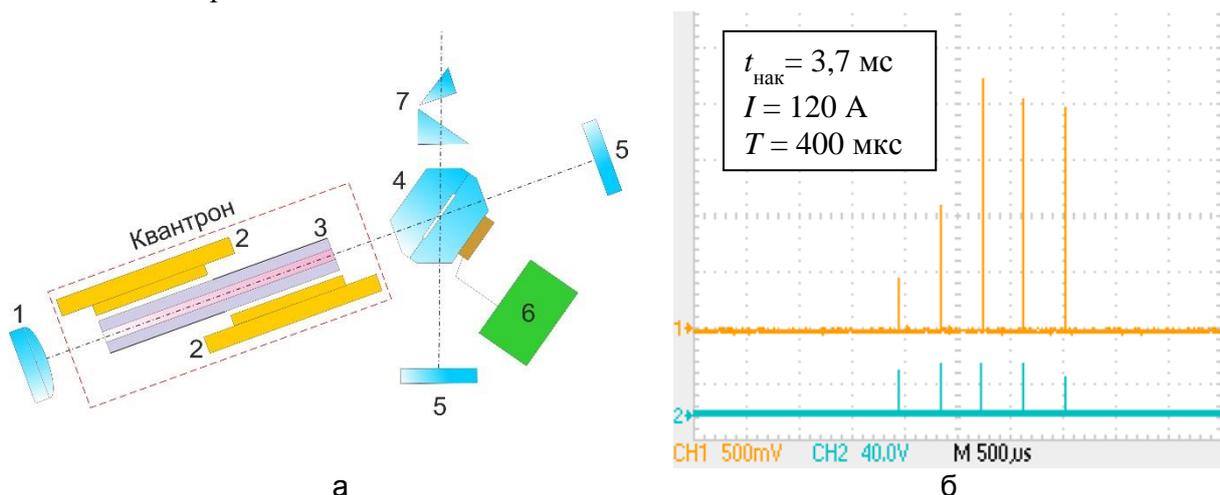


Рис. 1. Схема лазера: 1 – цилиндрическое зеркало ($R>99,5\%$); 2 – диодный модуль; 3 – активный элемент между 2-х сапфировых пластинок с отражателями ($R\approx 0,97$); 4 – НПВО-затвор; 5 – плоское зеркало ($R>99,5\%$); 6 – драйвер НПВО-затвора; 6 – призматический телескоп (а); осциллограмма пачки импульсов (канал 1 – импульсы генерации; канал 2 – импульсы срабатывания НПВО-затвора); длительность импульса накачки 3,7 мс, ток накачки 120 А (б)

Резонатор построен из трех высокоотражающих зеркал, вывод излучения осуществляется через НПВО-затвор (рис. 1, а). Эта схема была выбрана для дальнейших экспериментов, так как она, одновременно с увеличением эффективности генерации, позволяла при сравнимой с обычным режимом модуляции добротности резонатора энергетике получать более длинные импульсы (от сотен наносекунд до единиц микросекунд).

Поскольку иттербий-эрбиевое стекло является трехуровневой лазерной средой, энергетически эффективным является реализация режима генерации пачки импульсов при реализации нескольких срабатываний НПВО-затвора на одном импульсе накачки с соответствующим увеличением его длительности.

Исследован режим генерации пачек импульсов при различном периоде повторения импульсов в пачке и токе через диодные модули. Установлено, что наилучший результат по энергетике пачки и по равномерности энергий отдельных импульсов в пачке достигается при токе 120 А и периоде срабатывания НПВО-затвора 400 мкс (рис. 1, б). В эксперименте частота повторения импульсов накачки составляла 10 Гц, суммарная энергия в пачке импульсов генерации составила 490 ± 5 мДж. Средняя мощность составляла, соответственно, ~ 5 Вт, что сравнимо со значением, используемым в повседневной операционной практике. Дальнейший рост средней выходной мощности ограничивался термоиндуцированными деформациями и оптическими искажениями в активном элементе.

Для выяснения особенностей воздействия мощных лазерных импульсов на биоткани с высоким содержанием воды была исследована динамика акустического сигнала, сопровождающего поглощение лазерного излучения с длиной волны 1,54 мкм с модельной средой (физраствором). В результате проведенных работ установлено, что воздействие на модельную среду импульсами излучения с данными параметрами сопровождается генерацией акустических колебаний (перепадов давления), вызванных термоупругой ударной волной и ударной волной, соответствующей схлопыванию кавитационной полости (рис. 2).

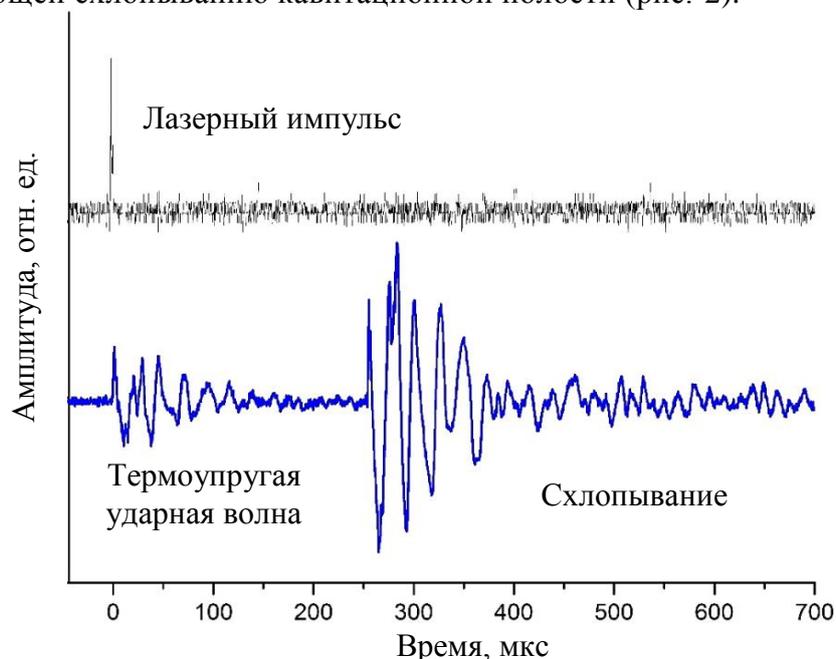


Рис. 2. Осциллограмма лазерного импульса и соответствующий сигнал гидрофона

Возникновение резких перепадов (скачков) давления является основным механизмом деструкции биоткани хрусталика.

Путем анализа акустического сигнала, сопровождающего взаимодействие лазерных импульсов с модельной средой, а также в эксперименте по исследованию динамики пропускания слоя воды, установлено минимально допустимое значение задержки между импульсами в пачке, отвечающее критерию безопасности проведения операции – более 300 мкс.

Измерена зависимость величин перепадов давления от энергии в импульсе излучения. Перепад давления (порядка 250 бар), соответствующий ударной волне, вызванной схлопыванием кавитационного пузырька, при воздействии 3 мкс импульсом лазерного излучения с энергией ~100 мДж в несколько раз превышает модуль упругости катарактального хрусталика с V степенью созревания ядра по Buratto. Что касается термоупругой ударной волны, вызванной ей перепад давления (порядка 40 бар) сравним с модулем упругости хрусталика с IV степенью созревания ядра. Превышение величины перепада давления модуля упругости катарактального хрусталика указывает на потенциальную возможность разрушения волокон катарактального хрусталика с V степенью созревания. Однако для подтверждения этого факта необходимо проведение эксперимента с реальной биотканью.

В заключение кратко перечислим основные результаты работы. В работе исследован макет лазера на иттербий-эрбиевом стекле со слэбовой конфигурацией активного элемента, диодной накачкой и модуляцией полезных потерь резонатора. Реализован режим генерации пачек из 5 импульсов ($t_{\text{имп}}=1-3$ мкс, $E_{\text{имп}}\approx 100$ мДж, $E_{\text{сумм}}=490\pm 5$ мДж) при частоте повторения импульсов накачки 10 Гц (эффективная частота повторения импульсов генерации 50 Гц); оптимальное значение периода между импульсами в пачке составило 400 мкс (удовлетворяет критерию безопасности проведения операции). Исследована возможность применения микросекундных импульсов излучения с длиной волны 1,54 мкм для фрагментации хрусталиков, пораженных катарактой. Исследования показали, что деструкцию биоткани при воздействии микросекундных импульсов излучения с энергией порядка 100 мДж ($\lambda=1,54$ мкм) обуславливают ударные волны, соответствующие термоупругому расширению (первичный удар) и схлопыванию образующейся кавитационной полости (вторичный удар). Установлено минимально допустимое значение задержки между импульсами в пачке, измерены зависимости амплитуды акустических сигналов от энергии лазерного импульса.

Последующие шаги в исследованиях предполагают дальнейшую оптимизацию энергетических и временных характеристик выходных лазерных импульсов, повышение надежности ввода импульсов в оптическое волокно, а также испытания на модельных биологических объектах.

Литература

1. Федоров С.Н., Копаева В.Г., Андреев Ю.В. Лазерное излучение – принципиально новый вид энергии для хирургии хрусталика // Клиническая офтальмология. – 2000. – Т. 1. – № 2. – С. 43–47.
2. Копаев С.Ю. Клинико-экспериментальное обоснование комбинированного использования неодимового ИАГ 1,44 мкм и гелий-неонового 0,63 мкм лазеров в хирургии катаракты: дис. ... докт. мед. наук: 14.01.07, 14.00.16. – М., 2014. – 338 с.
3. Hodgson N., Nighan W.L., Golding D.J., Eisel D. Efficient 100-W Nd:YAG laser operating at a wavelength of 1,444 μm // Optics letters. – 1994. – V. 19. – № 17. – P. 1328–1330.



Тельная Юлия Сергеевна

Год рождения: 1991

Инженерно-физический факультет, кафедра лазерных технологий
и лазерной техники, группа № 6222

Направление подготовки: 200500 – Лазерная техника и лазерные
технологии

e-mail: jtelnaya@gmail.com

УДК 535.548

ТЕНЕВОЙ И ТЕПЛОВОЙ КАНАЛЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО БЛОКА КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА КРИТ

Ю.С. Тельная

Научный руководитель – к.т.н., доцент С.А. Смирнов

«Критические явления» – активно развивающееся в последние тридцать лет направление современной макроскопической физики. Впечатляющим результатом стало открытие универсальности поведения объектов различной природы. Критические аномалии можно характеризовать с помощью набора универсальных констант – критических индексов.

Универсальность означает, что зная индексы для модельной системы можно предсказать с определенной долей точности поведение соответствующих термодинамических величин реальной системы [1]. Кроме этого, интерес к критическим явлениям связан с большим количеством приложений. Например, хранение топлива в околоскритическом состоянии позволяет уменьшить его объем и вес, применение сверхкритических параметров в камерах сгорания повышает удельный импульс, а сверхкритическую воду можно использовать в качестве экологичного безопасного органического растворителя. Все эти технологии очень привлекательны в условиях длительного космического полета.

Изучение свойств флюидов сопряжено с трудностями, так как они чрезвычайно чувствительны к гравитационному воздействию. Вблизи критической точки сильно возрастает изотермическая сжимаемость $k_T = [\rho(\partial P / \partial \rho)_T]^{-1}$, где ρ – плотность, кг/м³; P – давление, Па. Это приводит к стратификации среды, плотность среды зависит от высоты, на которой она измеряется. Для компенсации этого эффекта эксперименты проводятся в условиях микрогравитации.

Французское космическое агентство спонсировало программу ALICE (Analyse des Liquides Critiques dans l'Espace) на борту станции «Мир», пилотируемого научно-исследовательского орбитального комплекса, функционировавшего на орбите с 1986 по 2001 год [2]. В настоящее время НАСА и французское космическое агентство осуществляют реализацию программы DECLIC (Dispositif pour l'Etude de la Croissance et des Liquides Critiques), научная аппаратура практически полностью повторяет установку ALICE. Исследования продолжаются и в России. Университет ИТМО в совместном проекте с Институтом проблем механики РАН участвует в разработке комплекса научной аппаратуры «АЛИС-М» для космического эксперимента (КЭ) КРИТ. Эксперимент направлен на изучение особенностей динамики и теплопереноса в сверхкритической и околоскритической жидкости при воздействии микрогравитационной среды станции и искусственно создаваемых микроускорений, а также на определение возможности управления процессами внутри околоскритической жидкости.

КЭ КРИТ включен в «Долгосрочную программу научно-прикладных исследований и экспериментов, планируемых на российском сегменте МКС» в разделе «Физико-химические процессы и материалы в условиях космоса». На данном этапе осуществляется

отработка КЭ, уточнение наиболее принципиальных требований к его проведению, конструктивных решений и технических характеристик научной аппаратуры. Важная часть программы – научные исследования в области теплопереноса в околокритических и сверхкритических средах с помощью наземного физического моделирования.

Целью работы было моделирование теневого канала блока измерений комплекса научной аппаратуры «АЛИС-М» в земных условиях для проверки возможности его использования при изучении теплопереноса в околокритических флюидах в КЭ КРИТ.

Были поставлены следующие задачи: создание экспериментального стенда со схемой совмещения теневого и интерференционного каналов; анализ возможных модификаций ножа Фуко для уменьшения влияния дифракционных эффектов; проведение экспериментов по исследованию моделей с малыми градиентами поля плотностей и (или) температур; реализация цифровой обработки полученных видеogramм для улучшения контраста изображений динамических фазовых объектов.

Комплекс научной аппаратуры для проведения эксперимента КРИТ будет иметь ряд новых конструктивных особенностей, которые должны с одной стороны учесть недостатки, имевшиеся при проведении КЭ «АЛИС», а с другой стороны расширить возможности и усилить эффект от экспериментов. Рассматриваются несколько вариантов экспериментальных ячеек и различные способы подвода тепла. Планируется существенно снизить воздействие станции на объект исследования в одних экспериментах и создать контролируемые микроускорения в других. В тепловом канале измерительного блока будет реализован лазерно-индуцированный нагрев и регистрация температурного поля тепловизором. Преимущество такого нагрева в быстром нагреве среды, не создаются препятствия, произвольная геометрия источника тепла.

Флуктуации плотности в околокритических средах относятся к фазовым объектам. Теневой метод позволяет преобразовать фазовые градиенты в градиенты интенсивности, регистрируемые квадратичным приемником. Преимущество теневого метода ножа Фуко в простоте реализации и эксплуатации, а также наглядности получаемых изображений фазовых объектов. Метод базируется на преобразовании спектра пространственных частот фазового объекта при помощи амплитудно-фазового фильтра – ножа Фуко. Нож может устанавливаться под различными углами к оси. При вертикальной ориентации ножа визуализируется градиент показателя преломления вдоль оси Ox , а при горизонтальной – вдоль оси Oy .

Высокая монохроматичность лазерных источников позволяет регистрировать объекты с очень высоким пространственным и временным разрешением. При прохождении пучка света вблизи края непрозрачного экрана путь пучка изменяется, и наблюдаются полосы у края геометрической тени экрана обусловленные дифракцией. Все теневые приборы с когерентными лазерными источниками света становятся интерференционно-теневыми. Для решения этой проблемы было предложено использовать фотометрический клин или градиентный фильтр-нож. Клин лучше выявляет фазовые градиенты через амплитудные изменения, благодаря уменьшению дифракционных эффектов на ноже.

При проведении экспериментальных исследований использовалось оборудование лаборатории кафедры ЛТиБМО Университета ИТМО. Разработана и реализована теневая установка, построенная по методу ножа Фуко, которая позволяет получать изображения объектов и визуализировать потоки жидкости или газа в реальном масштабе времени, благодаря использованию матричной камеры, передающей изображение на экран компьютера. Высокая точность и информативность метода сочетаются с простотой и экономичностью.

На рисунке представлены фотографии стенда и видеокадр из видеозаписи опыта с вливанием солевого раствора в дистиллированную воду. В лабораторных условиях

стратифицированную жидкость можно смоделировать водным раствором NaCl (хлорида натрия), в вертикальном направлении концентрация раствора изменяется.

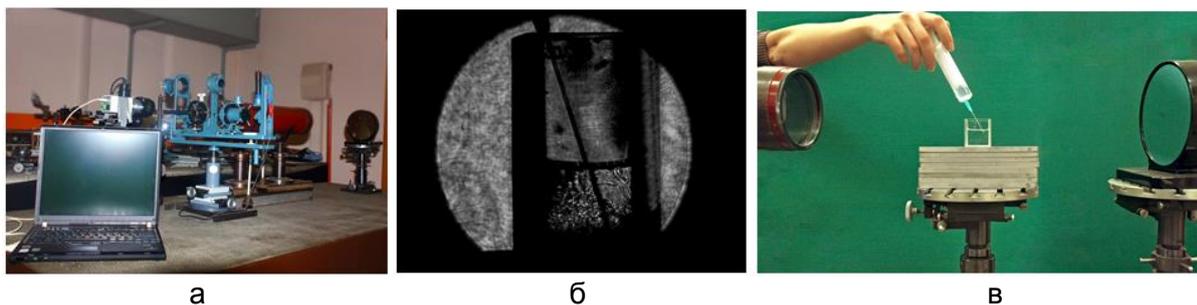


Рисунок. Общий вид установки (а); теневая картина вливания солевого раствора в кювету (б); процесс вливания солевого раствора (в)

Цифровая обработка экспериментальных видеозаписей осуществлялась в программе video-processor. Программа была разработана в интегрируемой среде разработки PyCharm Community Edition 4.0.3 с использованием языка Python 2.7.6. Также была применена библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом OpenCV версии 2.4.8, разработанная для языка Python.

Таблица. Видеокадры до и после обработки в программе

| Вид обработки | Кадр 1 | Кадр 2 | Кадр 3 |
|---------------------|--------|--------|--------|
| Без обработки | | | |
| Без чересстрочности | | | |

Примеры обработанных кадров представлены в таблице. В процессе работы можно варьировать вид фильтра (гауссов, медианный, «скользящее среднее»), размер и его форму, количество проходов и порядок применения фильтров, осуществлять вычитание кадров, воспроизводить только требуемую область видео, применять псевдоцвета. После осуществления низкочастотной фильтрации и вычитания отфильтрованного изображения из начального, получим только изображения флуктуаций, разрешенные во времени [3]. При точном подборе апертуры фильтра в зависимости от размера флуктуаций в исходном видео, можно сделать визуализацию изменений во времени достаточно наглядной для проведения анализа. Цвет облегчает распознавание и выделение информации на кадре, так как человек различает переходы между цветами намного лучше, чем оттенки серого. Применение псевдоцветов повышает наглядность получаемых с помощью теневого метода изображений, анализ которых осуществляется визуально.

Разработан и реализован макет исследовательской установки для моделирования в земных условиях измерительного блока научной аппаратуры КЭ КРИТ. Проведены

эксперименты с динамическими фазовыми объектами. Создана программа в интегрируемой среде разработки PyCharm IDE Community Edition 4.0.3 с использованием языка Python 2.7.6, которая служит для повышения наглядности получаемых изображений.

Следующим этапом будет извлечение численной информации из данных видеозаписи в реальном режиме времени. Так как планируется создание контролируемых динамических воздействий различного типа на исследовательскую ячейку, то очень важно учитывать это воздействие на оптическую систему.

Применение лазерного источника света в схеме теневого прибора делает его очень чувствительным к вибрационным воздействиям. Для компенсации негативного влияния вибрационного воздействия рассматривается возможность применения устройства обратной связи с пьезоактюатором для ножа Фуко. Встает вопрос о разработке алгоритма определения смещения ножа по контрастности изображения.

Рассматривается возможность провести эксперименты с использованием тепловизионного приемника. Совместное применение оптических методов и тепловизионных средств позволит расширить возможности оптико-физических измерений и упростит расшифровку их результатов.

Литература

1. Beysens D. Critical Point in Space: A Quest for Universality // Microgravity Science and Technology. – 2014. – V. 26. – № 4. – P. 201–218.
2. Marcout R. Alice 2, an advanced facility for the analysis of fluids close to their critical point in microgravity // Microgravity Quarterly. – 1995. – V. 5. – P. 162–170.
3. Oprisan A. Universality in early-stage growth of phase-separating domains near the critical point // Physical Review E. – 2008. – V. 77. – № 5. – P. 051118-1–051118-13.



Трушин Василий Алексеевич

Год рождения: 1991

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра графических технологий, группа № 6642

Направление подготовки: 230400 – Информационные системы
и технологии

e-mail: vasilii.trushin@gmail.com

УДК 004.925

МЕТОДЫ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ИВАНГОРОДСКОЙ КРЕПОСТИ

В.А. Трушин

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Меженин

Работа выполнена в рамках проекта «Древние Крепости Северо-Запада России» при поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект № 12-01-12041, 2012–2014 гг.).

Виртуальная реконструкция в культуре – один из способов сохранения наследия в цифровом формате. В настоящее время есть множество примеров их реализации для разных архитектурных памятников, древних предметов быта, орудий [1, 2]. Например, реконструкция Троицкой церкви в Енисейске, сделанная в Сибирском федеральном университете [1]. Это интерактивное приложение, в котором можно ходить по

небольшой территории вокруг церкви (рис. 1, а). При создании использовалась система Quest 3d. Реконструкция древнего города Персеполя, сделанная сотрудниками Архитектурного техникума в Германии Kourosh Afhami и Wolfgang Gambke (рис. 1, б). Это не интерактивное приложение, а набор видеороликов, фотографий и панорам, в которых показываются реконструированные постройки, декоративные и архитектурные элементы.



Рис. 1. 3D-реконструкции: Троицкая церковь в Енисейске (а); древний город Персеполь (б); проект развития Рима «Romereborn» (в); трехмерная модель статуи Моисея авторства Микеланджело (г)

Проект глобальной реконструкции развития Рима «Romereborn» (рис. 1, в) в период с 1000 года до н.э. по 550 год н.э., разрабатываемый с 1997 года университетом Виржинии, Калифорнийским университетом, Миланским техническим университетом, Французским национальным центром научных исследований, а также университетом Бордо-3 и университетом Кан. С 2009 года разработку возглавила фирма Frischer Consulting. При создании использовалась программа CityEngine, позволяющая быстро строить города с процедурными постройками, которые затем частично заменялись более подробными моделями, сделанными в 3ds Max. Еще один пример виртуальной реконструкции – трехмерная модель статуи Моисея авторства Микеланджело, полученная с помощью технологии трехмерного сканирования. Подобной точности модель вручную сделать практически невозможно, и соответствие виртуальной модели очень велико и ограничивается только техническими характеристиками сканера. Очевидно, что такой подход для реконструкции города не подходит. Как можно заметить, все проекты очень разные по стилистике, представлению и, соответственно, технологическому процессу создания. В настоящее время нет какой-то единой методики создания трехмерных реконструкций, что понятно при таком многообразии решений. Однако есть некоторые общие вещи, в основном направленные на ускорение работы по созданию некоторых типов трехмерных объектов и повышение производительности итогового приложения.

В работе «Методы виртуальной реконструкции Ивангородской крепости» рассматривается вопрос организации процесса работы по созданию реконструкции на всех стадиях разработки: сборе и анализе информационных материалов, создании трехмерных моделей, текстурных разверток и карт, переносе всех полученных материалов в систему Unity3d и дальнейшей настройке финальной сцены.

В первую очередь была разработана и предложена структура рабочего проекта для создания трехмерных реконструкций. Этот вопрос очень важен в условиях командной работы при создании больших проектов. Единая, логичная и понятная структура не только задает единый стиль хранения файлов проекта для всех его участников, но и помогает упростить и ускорить навигацию и уменьшить время на поиск необходимых материалов. В структуре учитываются технологические особенности всех стадий разработки реконструкции. По своей сути, процесс создания трехмерных моделей и процесс соединения всех полученных материалов в системе Unity3d кардинально различаются. В первом

случае разработчик активно работает с информационными источниками, пользуется чертежами и фотографиями, возможны разбиения и объединения трехмерных сцен. Во втором же случае работа идет с уже готовыми трехмерными моделями и текстурными картами, разработчик соединяет все файлы в одной системе, в одном пространстве, настраивает его свойства, задает и настраивает всем объектам материалы и т.д. Исходя из этих различий, были сформированы две различные структуры проекта для реконструкции Ивангородской крепости – для процесса создания трехмерных моделей и сопутствующих материалов и для объединения всего в системе Unity3d, которые представлены в таблице.

Таблица. Структура проекта

| Структура проекта для создания трехмерных моделей | Структура проекта в Unity3d |
|---|-----------------------------|
| <u>Ivangorod_Reconstruction</u> | <u>Unity Project Folder</u> |
| \3d | \Assets |
| \Buildings | \Editor |
| \ambar_Bolshoy | \Resources |
| \ambar_Porohovoi | \Objects |
| \church_Nikolskaya | \Buildings |
| \church_Uspenskaya | \Mesh |
| \plan | \Materials |
| \walls | |
| \Textures | \Textures |
| _common | \Prefabs |
| \ambar_Bolshoy | \Characters |
| \ambar_Porohovoi | \Mesh |
| \church_Nikolskaya | \Materials |
| \church_Uspenskaya | |
| \plan | \Textures |
| \towers | \Prefabs |
| \tower_Verhnyaya | \Props |
| \tower_ | \Mesh |
| Vorotnaya | \Materials |
| \... | \Textures |
| \walls | \Prefabs |
| \Export | \Vegetation |
| \ambar_Bolshoy | \Mesh |
| \ambar_Porohovoi | \Materials |
| \church_Nikolskaya | |
| \... | \Textures |
| \Материалы | \Prefabs |
| \Изображения | \GUI |
| \... | \FX |
| \Фото | \Additional_Assets |
| \... | \... |
| \Чертежи | \etc |
| \амбар Большой | \Scenes |
| \амбар Пороховой | \Scripts |
| \... | |

Латинские названия папок обусловлены тем, что некоторые иностранные программы не всегда корректно воспринимают кириллические символы, и, во избежание возможных ошибок, предложено их избегать.

Помимо структуры проекта предлагается и объясняется ряд методов, позволяющих частично упростить процесс создания, а также увеличить производительность итогового приложения. Один из главных – метод модульного моделирования, заключающийся в создании одинаковых модулей различных объектов (рис. 2).

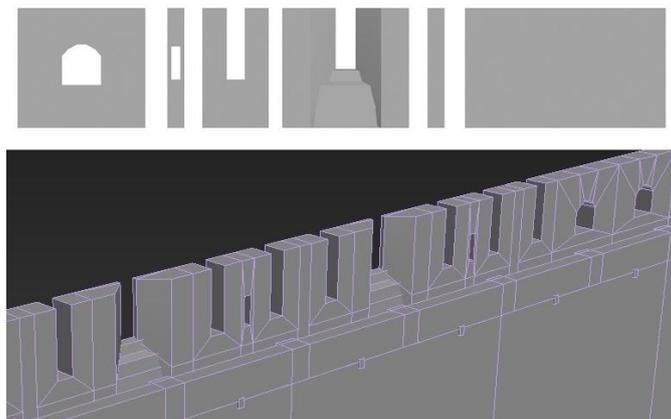


Рис. 2. Модули крепостной стены

Помимо удобства и ускорения создания объектов с повторяющимися элементами, такой подход задает разбиение большим объектам, позволяя эффективно использовать инструмент Occlusion Culling в Unity3d, скрывающий из просчета все объекты, не попадающие в поле видимости виртуальной камеры.

Отдельный раздел посвящен BPR (Physically-based rendering)-системам и особенностям настройки материалов и подготовки карт. Предложен алгоритм конвертации «старых» diffuse-карт в «новые» карты albedo, который подходит и для подготовки обычных фотографий текстур различных материалов.

В ходе работы была предложена удобная структура, основанная на технологии разработки виртуальных реконструкций, являющаяся важной частью самого проекта. Рассмотренные методы можно успешно применять при создании подобных проектов. Дальнейшее развитие вопроса направлено на поиск и разработку инструментов и методов, позволяющих точнее контролировать процесс создания виртуальных реконструкций. Особое внимание будет уделено методам параметрического моделирования, которые смогут дать более гибкий контроль над объектом на протяжении всего процесса его создания.

Литература

1. 3D-реконструкции объектов наследия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.yeniseisk-heritage.ru/3d-reconstructions/ru>, своб.
2. Борисов Н.В., Смолин А.А., Хаустова И.А. Сохранение культурного наследия на примере виртуальной реконструкции Копорской крепости // Перспективы развития современного научного знания. – 2012. – № 1(13). – С. 23–27.
3. Тозик В.Т., Меженин А.В. 3ds Max 9: трехмерное моделирование и анимация. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 1056 с.
4. Меженин А.В., Баранова Н.В. Методы оценки производительности и качества систем рендера // Сб. науч. трудов XI Всероссийской научно-практической конф. «Современные информационные технологии в науке, образовании и практике». – 2014. – С. 238–242.



Филатова Анастасия Юрьевна

Год рождения: 1990

Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра социальных и гуманитарных наук, группа № 6042

Направление подготовки: 220100 – Системный анализ
и управление социокультурными процессами

e-mail: filatova@atb-m.ru

УДК 338.242.2

**РАСШИРЕНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ОПЫТА КАК МЕТОД
ПРИВЛЕЧЕНИЯ И УДЕРЖАНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ВИРТУАЛЬНЫХ
МАГАЗИНОВ**

А.Ю. Филатова

Научный руководитель – к.ф.н., доцент И.И. Толстикова

Исследование проведено на основе социальной сети «ВКонтакте» – наиболее популярной в России социальной сети. Ее функциональность росла и, таким образом, все те операции, которые люди до этого делали на различных ресурсах в сети, теперь могут быть собраны воедино в рамках одной социальной сети: прослушивание музыки, просмотр видео, общение с друзьями. Также на сегодняшний день в них стало возможным совершать и покупки. Достаточно часто, даже имея потребность в том или ином товаре, при поиске среди групп в контакте клиент не может определиться, так как после просмотра одной-двух страниц с группами, предлагающими аналогичный товар, глаз попросту «замыливается» и вся информация сливается воедино. В этой связи **цель исследования** – выявить потребности клиентов в социальной сети посредством тестирования, проанализировать полученные результаты и разработать сайт с дружественным интерфейсом, который сможет стать не только инструментом привлечения клиентов, но и создаст образ надежной компании, соединяя в себе прямую интеграцию с социальной сетью «ВКонтакте». Объектом исследования стал анализ общественного мнения на предмет выявления основных потребностей для создания сайта. С точки зрения системного анализа данное исследование служит прямой инструкцией начинающему предпринимателю, так как, по сути, была создана социотехническая система, созданная на технической платформе, но одинаково помогающая выстраивать и систематизировать отношения между покупателем и продавцом.

Проект «Арт кейк» был основан в декабре 2013 года кондитером-дизайнером Наталией Благовой и менеджером-пиарщиком Анастасией Филатовой. Главной идеей было объединить дизайн и кулинарию, эта идея вдохновляет нас каждый день и открывает все новые горизонты в профессиональной сфере. Также не менее важным было делать продукцию из натуральных ингредиентов, заботясь тем самым не только о вкусе, но и о здоровье заказчика. Мы имеем активную социальную позицию и хотим помогать детям, у которых нет возможности получить наш торт в силу различных причин – будь то отсутствие родителей или тяжелое финансовое положение семьи. Поэтому стараемся участвовать бесплатно в мастер-классах для малоимущих или детей из детских домов.

Клиенты могут заказать уникальный свадебный, детский или корпоративный торт, а также достаточно новые сладости для российского рынка – капкейки, кейк-попсы, маршмеллоу-попсы, трюфеля, мини-профитролы, торты в бокалах, конфеты из белого шоколада, брауни, меренги, макарруны, глазированное печенье и мини-торты. Из

всех этих сладостей мы создаем эксклюзивные тематические кэнди-бары («сладкие столы») а также занимаемся комплексным оформлением этих столов. Как правило столы выдержаны в одном стиле, с табличками, бантиками и прочими приятными мелочами. Последние годы именно кэнди-бары, а не традиционные многоэтажные торты, украшают свадебные торжества, а также детские дни рождения. По особому заказу мы печем свадебные караваи и пирожки, а также печем «бутафорские торты». Отдельной услугой является аренда свадебной посуды для сладкого стола и доставка всех сладостей, а также сопровождение стола промоутером на мероприятиях.

Основой группы и самым продаваемым продуктом является торт. Клиент выбирает любую из начинок, вес торта и дизайн на свой вкус. По запросу «торт на заказ» в социальной сети «ВКонтакте» вместе с проектом «Арт кейк» появляется еще 1196 аналогичных групп. В зависимости от времени года существует спад или наоборот, увеличение количества заказов. Увеличение связано, как правило, с датами общероссийских праздников – Новый год, 8 марта, 23 февраля, также в дни празднования профильных специальностей (к примеру день строителя/учителя/бухгалтера) а также в отдельный список можно отнести все летние месяцы, так как на это время приходится 90% свадеб и соответственно свадебных гуляний. Спад начинается с середины сентября и продолжается до новогодних праздников. В связи с этим «Арт кейк» проводил конкурс с 11 по 30 декабря 2013 года на максимальное количество репостов, в качестве приза за первое место-торт с дизайном на новогоднюю тематику, за второе капкейки, обтянутые мастикой, за третье-капкейки с кремом. По результатам конкурс можно считать удавшимся, так как за время его проведения в группе проявили активность (вступили, посмотрели разделы, написали комментарии, поделились новостями группы) 2093 пользователя, что является замечательным показателем для новой группы.

В период с 15 сентября по 20 декабря 2014 года были применены следующие методы мотивации:

- при заказе сладостей от 20 шт. действует скидка 10%. Отклик пользователей на уровне 15%, что является низким показателем эффективности. Клиенты реагировали на эту акцию, только после анонсирования менеджером, принимавшим заказ, а значит, эта информация сложно воспринималась или клиенту было проблематично найти ее в группе;
- при заказе торта – скидка 10% на кэнди-бар + бесплатная доставка. Отклик составил всего 5% от общего числа заказов. Также клиенты сообщали, что не видели этой информации в группе.

Из проведенных акций следует, что клиентам интересно социокультурное взаимодействие на уровне покупатель-продавец, стоит продолжить проводить именно конкурсы со всевозможными розыгрышами, оставив в арсенале такие приятные мелочи, как небольшая скидка за большой заказ. Также явно наметилась проблема с поиском необходимой информации в группе, так как интерфейс «ВКонтакте» весьма ограничен. Из-за изобилия «похожих» групп встает вопрос о разработке еще одного ресурса «Арт кейк» с переносом элементов фирменного стиля, а также с обязательным опросом целевой аудитории (ЦА) (клиентов группы «Арт кейк» в соц.сети «ВКонтакте») для формирования нового образа в соответствии с желаниями клиентов. Также необходимо сопоставить цветовые предпочтения ЦА для выбора комфортного интерфейса ресурса.

Целевая аудитория – группа интернет-пользователей по географическим, социально-демографическим и психографическим критериям, которая напрямую заинтересована товаром или услугой, размещенной на сайте. Выделение ЦА напрямую связано с увеличением продаж. Демографические характеристики: люди, состоящие в

группе «ВКонтакте» компании «Арт кейк» в возрасте 18–45, с доходом средний/ выше среднего, жители Санкт-Петербурга и Ленинградской области, учащиеся школ, университетов, офисные сотрудники, руководители и управляющие магазинов, учебных заведений.

Для опроса ЦА группы «Арт кейк» была составлена авторская анкета, а также проведен цветовой тест с помощью методики Люшера. Всего в опросе приняли участие 298 респондентов.

Проанализировав результаты социологического опроса целевой группы проекта «Арт кейк», а также сопоставив его с результатами цветового теста по методике Люшера в отношении опрошенных был сделан вывод о целесообразности разработки сайта в сети Интернет, на котором будет создан конструктор тортов для упрощения оформления заказа (который будет возможно оплатить напрямую через сайт), содержащий необходимые подсказки с фотографиями. Также конструктор будет оформлен в приятных для большинства пользователей (взрослого населения) цветах. Опыт сайтов-конкурентов показывает, что каким бы ни был сайт в плане информативности, если он выполнен в неприятных тонах, покупатель все равно сделает выбор в пользу другого сайта с более приятными глазу цветами. Также в результате тестирования было выявлено, что чем старше респондент, тем более мягкие цветовые тона он предпочитает.

Резюмируя все вышеизложенное, мы создадим человеко-ориентированную интерактивную систему, т.е. систему и интерфейс с целью разработки пригодных к использованию интерактивных систем, с учетом особенностей и потребностей пользователей. Использование данного стандарта при разработке позволяет достигнуть повышения эффективности и доступности системы, а также повысить уровень удовлетворенности конечным продуктом клиента интернет-магазина (рис. 1).

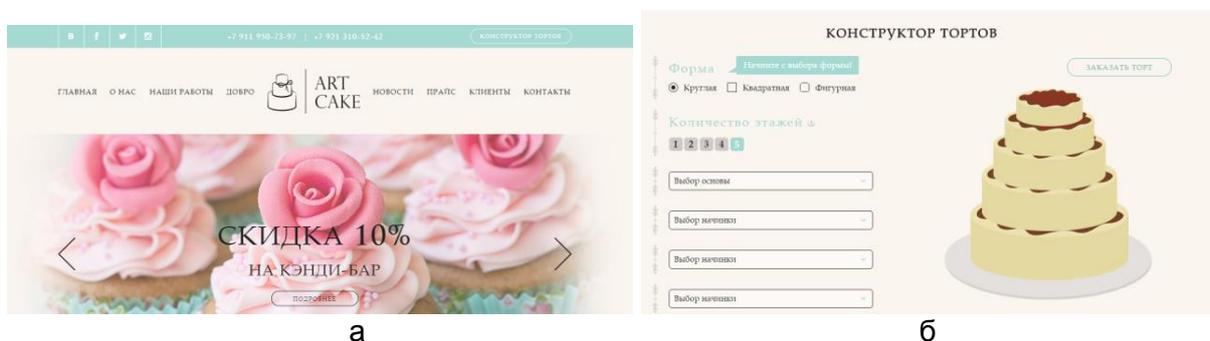


Рис. 1. Главная страница сайта (а); конструктор тортов (б)

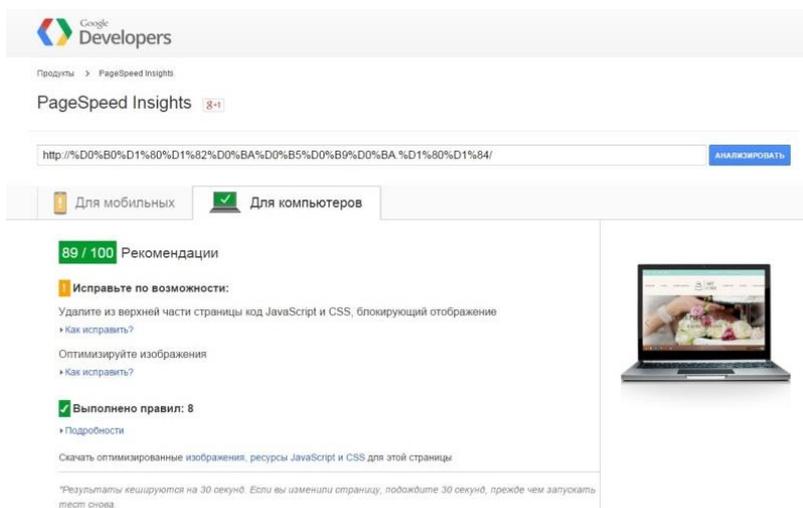


Рис. 2. Применение сервиса GooglePageSpeed

Для оптимизации скорости работы сайта использовался сервис GooglePageSpeed – позволяющий оценить скорость работы сайта (рис. 2). Инструмент GooglePageSpeedInsights измеряет скорость загрузки веб-страниц. Оценка PageSpeed может составлять от 0 до 100 баллов. Чем выше оценка – тем лучше. Если страница набрала более 85 баллов, значит, она загружается быстро. Система установила значение в 89 из 100 баллов.

Наблюдать за взглядом человека при работе с системой позволяет технология айтрекинга, однако на момент написания работы не было технической возможности протестировать ее в лаборатории юзабилити-тестирования Центра дизайна и мультимедиа Университета ИТМО. Поэтому для исследования были использованы онлайн-инструменты, доступные любому пользователю со всего мира, такие как Яндекс-метрика, Usabilityhub, FengGUI.

Также был рассчитан бизнес-план на три месяца для реализации розничной точки продаж тортов и сладостей «Art cake» (таблица).

Таблица. Бизнес-план на три месяца для реализации розничной точки продаж тортов и сладостей «Art cake»

| | 1 месяц | 2 месяц | 3 месяц | При увеличении оборота в два раза |
|---|------------|------------|------------|--------------------------------------|
| Затраты всего | 100 000 | 95 000 | 90 000 | 107 000 |
| Постоянные затраты | 90 000 | 90 000 | 90 000 | 107 000 |
| Аренда (20 кв.м.) | 20 000 | 20 000 | 20 000 | 20 000 |
| Охрана кафетерия | 2 000 | 2 000 | 2 000 | 2 000 |
| Продукты (мука, сливки и т.д.) | 13 000 | 13 000 | 13 000 | 26 000 |
| Интернет | 2 000 | 2 000 | 2 000 | 2 000 |
| Телефон | 2 000 | 2 000 | 2 000 | 2 000 |
| Аутсорсинг (бух. учет, юр. услуги) | 5 000 | 5 000 | 5 000 | 5 000 |
| Реклама | 2 000 | 2 000 | 2 000 | 2 000 |
| Коробки для тортов | 2 000 | 2 000 | 2 000 | 4 000 |
| Зарплата управляющего | 5 000 | 5 000 | 5 000 | 5 000 |
| Зарплата кондитера | 35 000 | 35 000 | 35 000 | 35 000 |
| Хозяйственные расходы | 2 000 | 2 000 | 2 000 | 4 000 |
| Сайт | 10 000 | 5 000 | 0 | 0 |
| Средняя цена кг торта (мин+макс/2) | 1 210 | 1 210 | 1 210 | 1 210 |
| Минимальная стоимость торта | 3 025 | 3 025 | 3 025 | 3 025 |
| Максимальная цена торта (из расчета 10 кг/торт) | 12 100 | 12 100 | 12 100 | 12 100 |
| Средняя цена торта | 7 563 | 7 563 | 7 563 | 7 563 |
| При продаже 15 тортов в месяц | 113438 | 113438 | 113 438 | – |
| При продаже 30 тортов в месяц | – | – | – | 226875 |
| Доход | 13 438 | 18 438 | 23 438 | 119 875 |
| Налоги (УСН 7%) | 941 | 1290 | 1640,6 | 8391,2 |
| Итого чистая прибыль | 12 497 | 17331 | 21797 | 111 484 |
| Итого необходимо вложений | 100 000 | 95 000 | 90 000 | 107 000 |

В социальной сети «ВКонтакте» существует более тысячи сообществ с товарами, аналогичными нашему, но далеко не все они понятны «обычному» пользователю. На

основании этой гипотезы, изучив теоретические основы и практические инструменты реализации, был проведен социологический опрос целевой аудитории из числа подписчиков группы «Арт кейк» с целью выявления реальных требований, которые требуются клиенту для совершения покупки. Была создана модель, по которой позже был разработан сайт, в полной мере учитывающий предпочтения целевой аудитории. Для дальнейшего анализа результатов этой работы потребуется как минимум год, так как практика по введению различных инструментов рекламы показывает, что эффект появляется не сразу. Также достаточно сложно оценить эффект каждого отдельно взятого инструмента привлечения клиентов, но в дальнейшем планируется наблюдение за динамикой прироста пользователей и клиентов социальной сети, а также анализ полученные данные для совершенствования группы и сайта как комплексной системы продвижения бренда.



Хомич Антонина Владимировна

Год рождения: 1991

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6111

Направление подготовки: 230100 – Информатика
и вычислительная техника

e-mail: khomichtonya@mail.ru

УДК 004.942

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ТРАФИКОМ СИСТЕМЫ
ПРОГРАММ 1С 8.3**

А.В. Хомич

Научный руководитель – к.т.н., доцент Л.А. Муравьева-Витковская

В современном мире управление бухгалтерией или производством предприятий не обходится без участия программных продуктов. Одной из часто используемых программ в России является «1С: Предприятие». Учитывая сложившуюся политическую ситуацию в мире, большинство предприятий переходит от зарубежных программ на «1С: Предприятие». И одним из главных критериев выбора является быстрое действие программы. В связи с ростом объема передаваемых данных все большую актуальность приобретают вопросы управления трафиком.

Один из объективных показателей, который характеризует функционирование системы программ, является трафик. Под трафиком в системе программ «1С: Предприятие» можно понимать поток данных, который формулируется при обращении пользователя к базе данных программы. Анализ трафика на данный момент является актуальным, а для его реализации есть много программных и технических средств.

В программе имеются встроенные средства, которые были задействованы для получения результатов, которые будут представлены на следующих слайдах.

- Режим замера производительности в системе программ «1С: Предприятие» предназначен для анализа эффективности выполнения участка кода, определения времени, потраченного на выполнение всех строк выбранного участка кода. Разработчики с помощью замера производительности определяют операторов, на выполнение которых тратится большая часть времени, и пытаются оптимизировать используемый алгоритм.

- Показатели производительности прикладного решения позволяют разработчику оценить, насколько эффективно работает прикладное решение. Они отражают информацию о количестве текущих и накопленных вызовов сервера, длительности вызовов сервера, объеме принятых и отправленных данных.

Отличительной особенностью версии программ 1С 8.3 является наличие управляемых форм. С появлением управляемых форм появились и понятия «на сервере», «на клиенте». Архитектура системы ориентирована на максимальный перенос выполнения всей функциональности на сервер и максимальное «облегчение» клиента. На сервере выполняется вся работа прикладных объектов. На клиенте выполняется только отображение информации, подготовленной на сервере, выполняется взаимодействие с пользователем и вызовы серверных методов для выполнения необходимых действий.

Один из методов управления трафиком в системе программ 1С 8.3 предназначен для обработки файлов. Чаще всего это файлы Excel. Метод заключается в определении начала работы с файлом. Рассмотрим данный метод на примере обработки файла Excel, которая создает номенклатуру (рис. 1).

Возможно два способа: первый – открытие файла на клиенте. Так как передавать объекты с клиента на сервер нельзя (т.е. передать файл как параметр мы не можем), а прикладные объекты создаются только на сервере, то схема будет выглядеть следующим образом. С каждой обрабатываемой строки будет вызываться серверная процедура создания номенклатуры. Второй вариант предполагает передачу файла в двоичном виде на сервер и открытия его там.

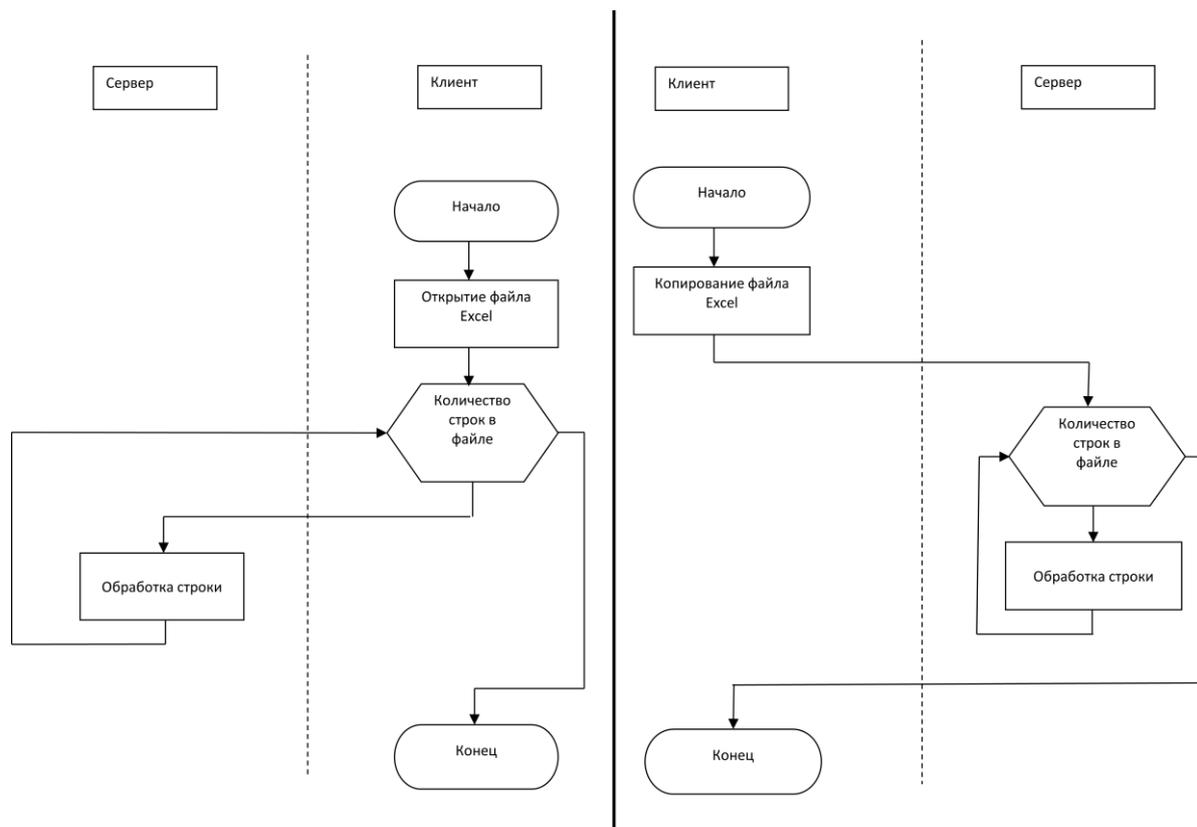


Рис. 1. Способы обработки строк файла Excel

Для построения графика в качестве переменной было принято количество строк в файле Excel. Диапазон от 100–700, интервал 100 и проведен замер производительности. Результативное значение времени является средним из трех полученных значений.

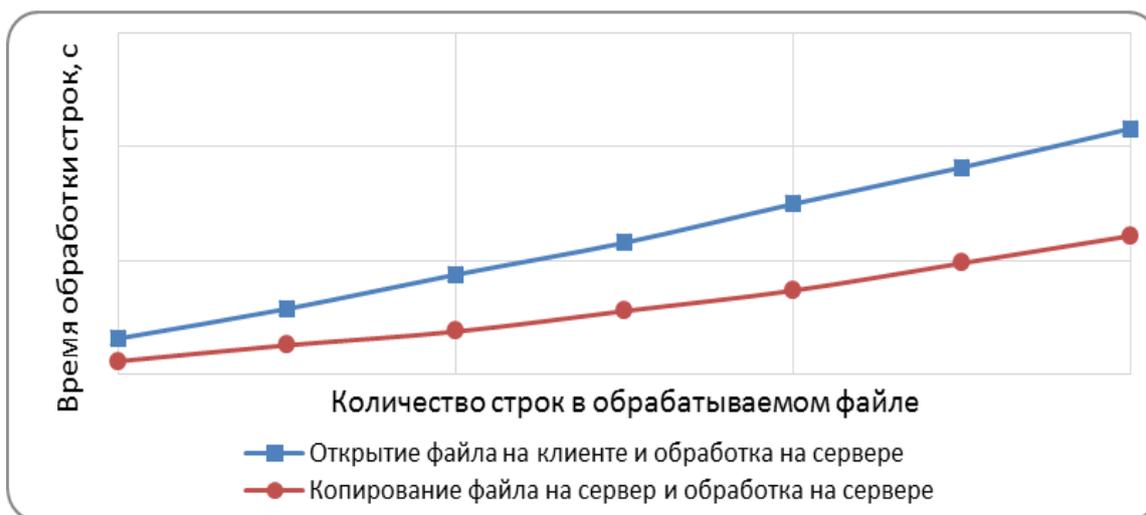


Рис. 2. Зависимость времени выполнения обработки файла от количества обрабатываемых строк

На рис. 2 видно, что время выполнения варианта с открытием файла на клиенте в несколько раз превышает варианта с копированием файла на сервер. Это связано с тем, что при каждом обращении к серверу трафик в системе увеличивается.

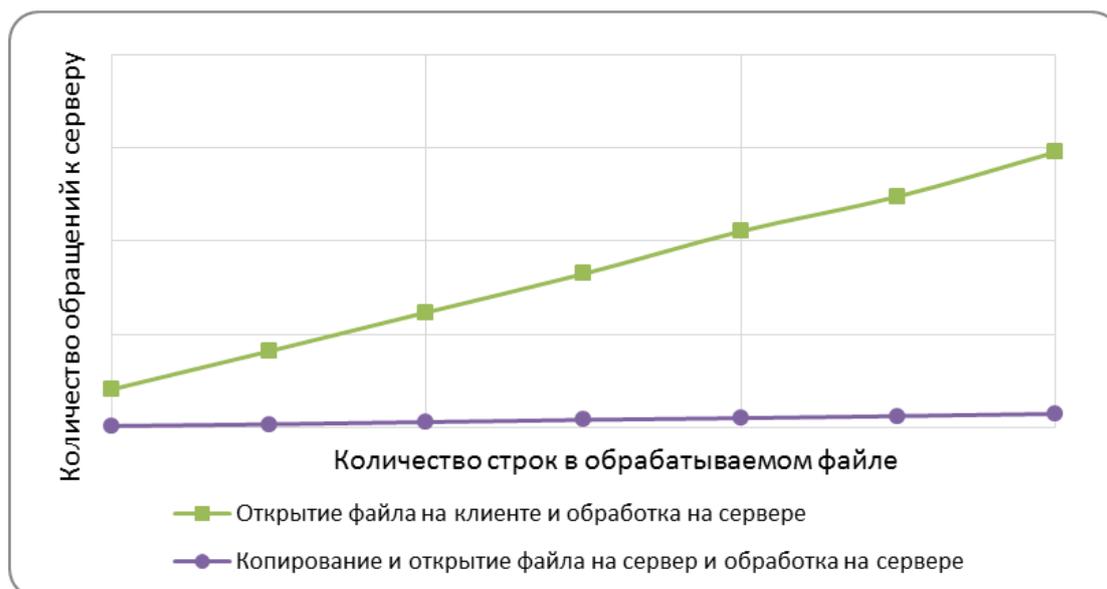


Рис. 3. Зависимость количества обращений к серверу от количества строк в обрабатываемом файле

На рис. 3 показана зависимость количества обращений к серверу от количества строк в файле.

Второй метод управления трафиком в системе программ 1С 8.3 предназначен для работы с табличными частями. Рассмотрим пример перерасчета сумм в табличной части (ТЧ) (рис. 4).

При открытии формы документа с ТЧ информация считывается с сервера и отображается на клиенте. ТЧ считывается не полностью, а только те строки, которые необходимо отразить. Остальные строки считываются по мере необходимости. И когда происходит пересчет строк с клиента, платформа будет несколько раз считывать данные с базы.

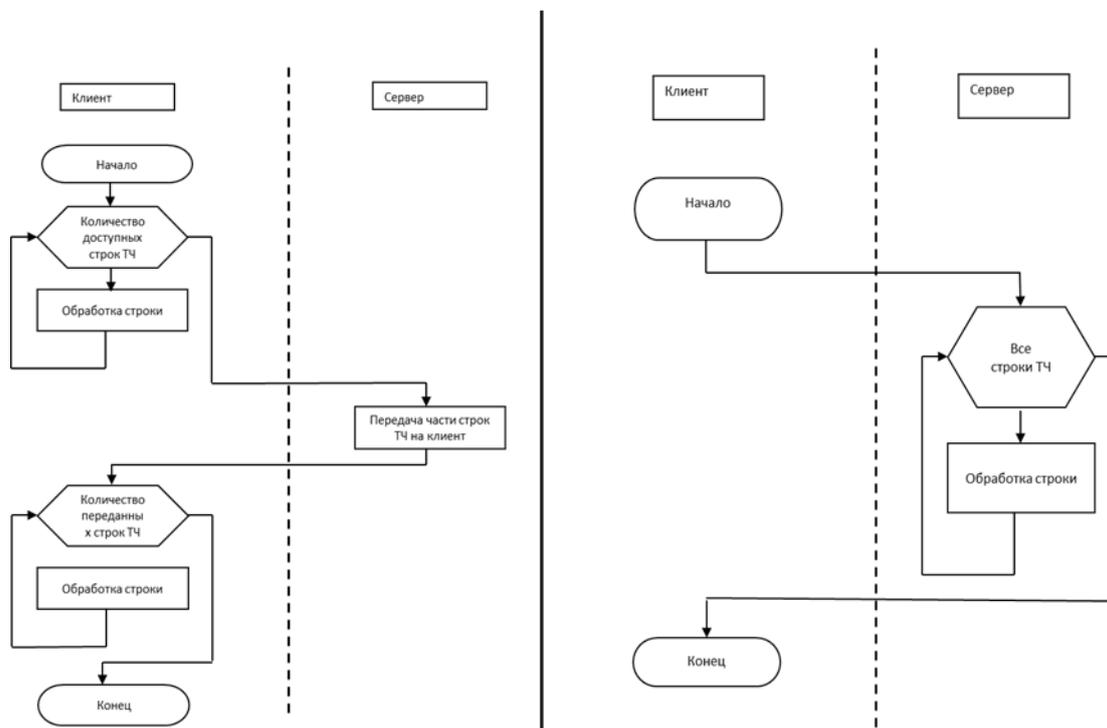


Рис. 4. Способы обработки строк табличной части

Для наглядности результат покажем на рис. 5. Для этого используем процедуры для документа со строками в диапазоне от 100 до 700. Для подсчета количества обращений к серверу будем использовать показатели производительности.

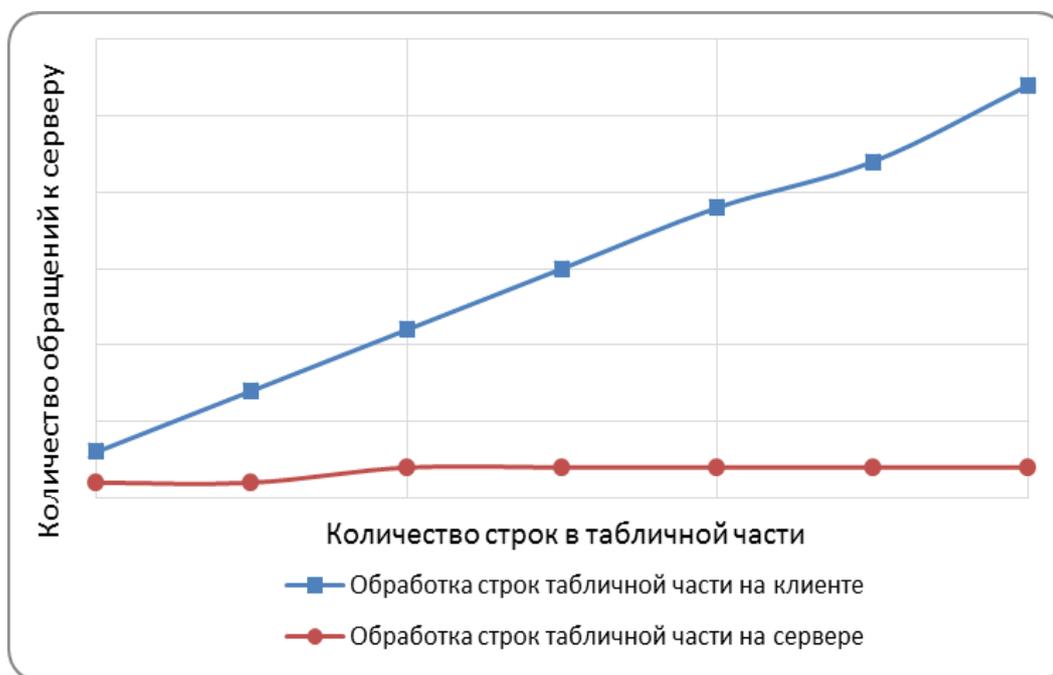


Рис. 5. Зависимость количества обращений к серверу от количества строк в табличной части

На рис. 5 видно, что количество обращений к серверу увеличивается с увеличением количества строк в варианте обработки ТЧ на клиенте. В то время как во втором варианте оно остается неизменным.

Рекомендации по управлению пользовательским трафиком системы программ 1С 8.3:

- размещение основного объема кода в серверных процедурах;
- минимизация серверных вызовов.

Литература

1. Радченко М.Г., Хрусталева Е.Ю. Архитектура и работа с данными «1С:Предприятия 8.3». – М.: 1С-Паблишинг, 2011. – 268 с.
2. Радченко М.Г. 1С: Предприятие 8.3. Практическое пособие разработчика. Примеры и типовые приемы. – М.: 1С-Паблишинг, 2012. – 436 с.
3. Ажеронок В.А., Габец А.П. Профессиональная разработка в системе 1С: Предприятие 8.3. – М.: 1С-Паблишинг, 2009. – 963 с.



Цимбалист-Колесникова Ирина Андреевна

Год рождения: 1986

Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра финансового менеджмента и аудита, группа № 6551

Направление подготовки: 080200 – Менеджмент

e-mail: tsimbala@mail.ru

УДК 336.647/.648

ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

И.А. Цимбалист-Колесникова

Научный руководитель – д.э.н., профессор В.Л. Василенок

В современной литературе существует множество определений различных ученых, что такое финансовая устойчивость, и все они имеют различия.

В.В. Бочаров утверждает, что «финансовая устойчивость хозяйствующего субъекта – это такое состояние его денежных ресурсов, которое обеспечивает развитие предприятия преимущественно за счет собственных средств при сохранении платежеспособности и кредитоспособности при минимальном уровне предпринимательского риска» [1].

А.Д. Шермет и Р.С. Сайфулин охарактеризовывают финансовую устойчивость предприятия как «...определенное состояние счетов предприятия, гарантирующее его постоянную платежеспособность» [2]. С ними согласен А.В. Грачёв: «финансовая устойчивость предприятия есть не что иное, как надежно гарантированная платежеспособность, независимость от случайностей рыночной конъюнктуры и поведения партнеров» [3].

Р. Брейли и С. Майерс в своем труде «Принципы корпоративных финансов» так же, как и многие зарубежные авторы считают, что «для оценки финансового положения компании нужна база сравнения». Они предлагают сравнивать финансовые коэффициенты компании за разные периоды времени или с показателями деятельности других компаний той же отрасли [4].

После проведенного исследования было разработано и дополнено общее определение финансовой устойчивости предприятия.

Финансовая устойчивость – это такое финансовое состояние предприятия, которое формируется в процессе всей производственно-хозяйственной деятельности и полно отражает не только баланс собственных и заемных средств предприятия, но и возможности его дальнейшего развития.

Рекомендованы методы укрепления финансовой устойчивости промышленного предприятия ООО «Балтэнергомаш» по каждому рассчитанному относительному показателю финансовой устойчивости.

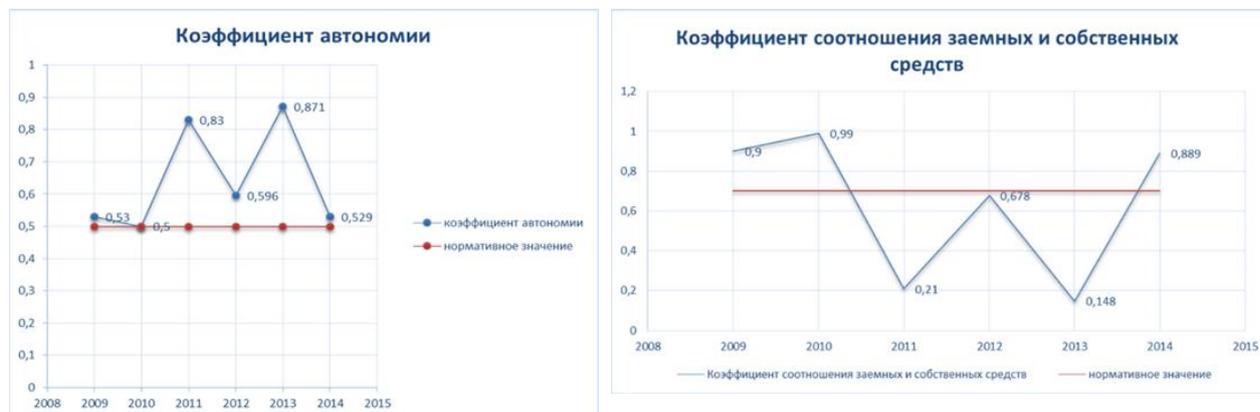


Рис. 1. Расчет коэффициентов: автономии предприятия ООО «Балтэнергомаш» (а); соотношения заемных и собственных средств (б)

Как видно из расчета коэффициента автономии предприятия ООО «Балтэнергомаш» (рис. 1, а) за весь расчетный период обладает высоким значением, что свидетельствует о хорошем положении предприятия в области финансовой независимости. Конечно, влияние внешних факторов, таких как кризис, довольно сильно повлияло на значение данного коэффициента, но за все рассчитанные года показатель не опускался ниже 0,5.

Как мы видим у предприятия ООО «Балтэнергомаш» в 2009, 2010, 2012 и 2014 годах данный коэффициент стремится к идеалу, а вот в 2011 и 2013 годах многие экономисты посчитали бы руководство фирмы чересчур осторожным в привлечении заемного капитала. Таким образом, вероятнее всего, предприятие упускало возможность повысить рентабельность собственного капитала за счет использования метода финансового рычага. Также расчет коэффициента соотношения заемных и собственных средств (рис. 1, б) подтверждает предложенную модель управления финансовой устойчивостью.



Рис. 2. Рассчитанный коэффициент оборачиваемости текущих активов (а); расчет периода дебиторской задолженности (б)

Рекомендуемое значение – коэффициент соотношения заемных и собственных средств $< 0,7$. С одной стороны, превышение данного значения свидетельствует о том, что финансовая устойчивость предприятия может вызывать сомнения. С другой стороны, допустимый уровень зачастую определяется у каждого предприятия как свой, так как многое в данной ситуации зависит от оборачиваемости оборотных средств. Если у предприятия высокая оборачиваемость, то значение коэффициента, немного превышающего 1, не будет критичным.

В 2013 г. значение данного коэффициента было минимальным за все рассчитанные года, а именно – 0,148. С одной стороны, минимальное количество заемных средств у предприятия можно читать хорошим знаком, это значит, что предприятие полностью полагается на свои силы. Но с другой стороны, возможно, присутствует упущенная выгода, возможность развития за счет заемных источников финансирования.

Рассчитанный коэффициент оборачиваемости текущих активов (рис. 2, а) (оборотная оборачиваемость оборотных активов), характеризовал скорость оборота всех мобильных средств предприятия, и после его расчетов можно предположить, что предприятие ООО «Балтэнергомаш» последние годы немного снижает эффективность использования оборотных активов. Начиная с 2012 г., идет сильный спад и к концу 2014 г. падение значения данного коэффициента составляет 30,9%, возможно это связано с кризисным состоянием рынка, что повлекло за собой снижение количества поступающих заказов на выпускаемое предприятием оборудование. Вероятнее всего это временное положение, и при стабилизации экономического положения рынка коэффициент оборачиваемости оборотных активов вновь начнет расти. С другой стороны, чтобы увеличить оборачиваемость активов предприятия можно предложить следующие действия:

1. снизить количество запасов материалов путем постоянного мониторинга складских остатков и ликвидации залежавшихся материалов;
2. снизить запасы готовой продукции, путем внесения в договор с покупателем пункта об обязательном заборе готовой продукции с территории предприятия в течение 15 рабочих дней со дня получения информации о готовности оборудования. Это значительно может повысить значение коэффициента оборачиваемости текущих активов, так как стоимость каждой единицы продукции достаточно высока.

После расчета периода дебиторской задолженности (рис. 2, б) можно заметить, что срок кредитования покупателей на предприятии ООО «Балтэнергомаш» активно повышался с момента последнего кризиса, а в 2014 г. резко снизился более чем в 2 раза. Это свидетельствует о наличии на предприятии очень жесткой привязки экономического положения на рынке к лояльности в сторону своих покупателей. Вероятнее всего такая стратегия предприятия позволяет предприятию ООО «Балтэнергомаш» обезопасить себя от «застывшей» дебиторской задолженности, что, несомненно, является плюсом, но с другой стороны, возможно, предприятие теряет потенциальных заказчиков, не создавая более мягкие условия кредитования своих потенциальных заказчиков.

Коэффициент маневренности собственных оборотных средств на предприятии ООО «Балтэнергомаш» (рис. 3, а) на протяжении всех рассчитанных лет является очень высоким. Но в то же время видно, что в 2009 и в 2014 годах значение данного коэффициента снизилось, а это может свидетельствовать о замедлении погашения дебиторской задолженности, а также быть свидетельством снижения уровня лояльности со стороны поставщиков. Оба эти предположения вполне вероятны, так как оба года, в которые происходил спад значения данного коэффициента, можно отнести к кризисным или посткризисным.

Расчет коэффициента соотношения мобильных и иммобилизованных активов, несколько усугубил картину баланса предприятия ООО «Балтэнергомаш» (рис. 3, б),

сообщив нам о практически отсутствия внеоборотных активов у организации, но как писалось ранее, оборудование у предприятия есть, но все оно уже прошло амортизационный период и в связи с этим отсутствует в балансе.



Рис. 3. Кoeffициенты: маневренности собственных оборотных средств (а); соотношения мобильных и иммобилизованных активов (б) на предприятии ООО «Балтэнергомаш»



Рис. 4. Расчет кoeffициент обеспеченности оборотного капитала собственными источниками финансирования

Расчет кoeffициент обеспеченности оборотного капитала собственными источниками финансирования (рис. 4) показывает, что на протяжении всех рассчитанных лет предприятие активно стремится к абсолютной финансовой устойчивости, но в 2014 г. у предприятия значительно снизился показатель собственного капитала и резервов, а также повысились оборотные активы, за счет чего произошло значительное понижение данного кoeffициента. Это свидетельствует о том, что в период кризиса компания закупила большое количество сырья и материалов, чем требовалось для производства, но в то же время руководство компании смогло большее время удерживать старые цены на продукцию, так как закупка материалов прошла до значительного изменения цен у поставщиков. Вероятнее всего данное отклонение не существенно повлияет на общую финансовую устойчивость предприятия.

Также предприятие ООО «Блтэнергомаш» имеет очень высокое значение кoeffициента обеспеченности запасов собственными источниками, серьезные изменения в сторону понижения данного значение опять-таки происходили в 2009 и 2014 годах, что подтверждает сильное влияние внешних факторов на финансовую устойчивость предприятия.

Кoeffициенты финансовой устойчивости, рассчитанные по годам с 2009 по 2014, свидетельствуют о финансовой устойчивости предприятия и имеют тенденцию к повышению, единственным серьезным препятствием является часто изменяющаяся

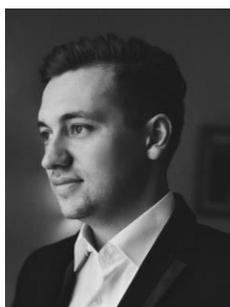
конъюнктура рынка, но проводимая внутриорганизационная политика создает максимально для таких периодов стабильную ситуацию.

Развитие любого субъекта экономики происходит не по восходящей или нисходящей траектории, а волнообразно, это выражается периодами спада и подъема каждого предприятия, предприятие ООО «Балтэнергомаш» не исключение и развивается по стандартному экономическому сценарию, т.е. волнообразно.

По проведенным расчетам можно с уверенностью сказать, что абсолютные показатели финансовой устойчивости показывают информацию об организации очень узко и не раскрывают полной ситуации, происходящей на предприятии. Таким образом, можно заключить, что для получения полноценной оценки финансовой устойчивости предприятия необходимо обращаться к относительным показателям финансовой устойчивости, которые, в свою очередь, смогут охарактеризовать не только существующее финансовое состояние фирмы, но и помогут понять, какими инструментами пользуется руководство предприятия для управления финансовой устойчивостью фирмы. Возможно при нынешних тенденциях развития экономики предприятие ООО «Балтэнергомаш» является стабильно «стоящем», а не активно развивающимся за счет заемных источников финансирования, но для владельцев компании, желающих иметь стабильную прибыль от данного вида деятельности, такой вид руководства можно считать верным.

Литература

1. Бочаров В.В. Финансовый анализ. Краткий курс. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2009. – 240 с.
2. Шеремет А.Д., Сайфулин Р.С. Методика финансового анализа деятельности коммерческих организаций. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2014. – 208 с.
3. Грачёв А.В. Финансовая устойчивость предприятия: критерии и методы оценки в рыночной экономике. Учебное пособие. – 3-е изд., перераб. – М.: Дело и сервис, 2010. – 396 с.
4. Брейли Р., Майерс С., Принципы корпоративных финансов (Principles of Corporate Finance) / Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2010. – 762 с.



Цупиков Александр Викторович

Год рождения: 1987

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра технологии приборостроения, группа № 6658

Направление подготовки: 200100 – Управление жизненным
циклом приборов и систем

e-mail: tsupikovav@gmail.com

УДК 004: 681.3.06

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ПРОЕКТОВ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

А.В. Цупиков

Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.И. Яблочников

При высокой конкуренции и постоянным требованиям по уменьшению сроков выпуска новых изделий особенно остро встает вопрос о необходимости полной информационной поддержки процессов проектирования и изготовления изделий, обеспечения их связей с общими процессами, протекающими на предприятии, в частности, конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП).

Актуальной проблемой также остается кооперация географически отдаленных ресурсов по ведению проектов создания новых изделий в рамках расширенного предприятия [1].

Проектирование современных приборов или отдельных изделий является сложной задачей, требующей полной информационной поддержки и совместной кооперации. Информационная система, которая должна использоваться в процессе проектирования изделий должна отвечать ряду требований, основанных на процессах, которые протекают в ходе разработки, конструкторской и технологической подготовки производства и изготовления изделия.

Анализ и исследование научно-технических источников и литературы выявил, что исключительное значение нужно уделять организации информационной поддержке ведения проектов создания новых изделий с использованием распределенной среды и обеспечением к ней удаленного доступа.

Модель данной среды должна иметь сложную структуру, содержащую различные данные о комплектующих, материалах, поставщиках, изделиях, технологиях и интегрироваться с системами проектирования и моделирования. Проведенные исследования позволили выявить совокупность программных продуктов и решений, на основе которых была построена распределенная интегрированная среда, решающая задачи проектирования изделий, учитывая совокупность конструкций изделий и технологий их изготовления.

Также было получено и подтверждено, что в области приборостроения есть объективная и неотъемлемая потребность в межотраслевой кооперации предприятий и участников процесса проектирования новых изделий, что позволяет эффективнее и экономичнее использовать ресурсы предприятий и организаций. Следовательно, одним из важнейших элементов распределенной информационной системы проектирования изделий должна быть ее связь с перспективами рыночного применения и широкой кооперации для получения более эффективного продукта «на выходе». Исключительное место – тренд в разработке новых современных изделий – занимает полный переход к компьютерному моделированию, использующий сложные, детализированные модели, отражающие различные характеристики изделий, их особенности и требования к процессам производства и их возможном поведении на различных других этапах жизненного цикла. На текущий момент проектирование новых изделий нельзя воплотить в жизнь без понимания областей их использования и прогнозирования перспектив их дальнейшего применения в конкретных компонентах, узлах, приборах и т.д. Отсюда вытекает широкий потенциал в комплексной КТПП изделий в единой распределенной информационной среде, что позволяет значительно сократить жизненный цикл разработки нового изделия и уменьшить сроки вывода нового продукта на рынок.

Интенсивное развитие информационных технологий за последние 25 лет и их внедрение в промышленное производство привело к существенному изменению процессов разработки и изготовления изделий практически во всех наукоемких отраслях (включая приборостроение, автомобилестроение, авиастроение, судостроение и т.д.). Основным стратегическим принципом передовых мировых производителей технической продукции в этот период становится переход к использованию PLM-технологий (Product Lifecycle Management – управление жизненным циклом изделия), предусматривающих полное управление данными об изделии на протяжении всего его жизненного цикла: от зарождения концепции создания и до утилизации. Понятие PLM появилось в результате развития и трансформации понятия CALS (Continuous Acquisition and Life-Cycle Support – информационная поддержка изделия на всех этапах жизненного цикла) [2].

Лидерами современного мирового рынка программных средств PLM являются компании Dassault Systemes, Siemens PLM Software, Parametric Technology Corporation. Эти компании разрабатывают и поставляют на рынок комплексные PLM-системы, содержащие достаточно полные наборы интегрированных программных продуктов, использующих доступ к единому цифровому описанию изделия и технологических процессов их изготовления.

В результате проведенных исследований стало понятно, что ведение проектов создания новых изделий должно быть организовано в единой интегрированной информационной среде с использованием комплексных программных решений. Это позволит значительно сократить время разработки нового изделия и распространения его на рынке.

Проектирование и производство любого современного изделия – это сложный процесс, требующий не только участия множества специалистов, но и серьезной информационной поддержки. Как решение отдельных задач, таких как конструирование или разработка технологии производства, немыслимо без соответствующих систем класса CAD, CAM или CAE, так и совместная работа специалистов немыслима без использования систем класса PLM, реализующих концепцию единого информационного пространства.

Цель работы – разработка распределенной интегрированной системы для ведения проектов создания новых изделий на базе PLM и методик работы в ней.

Задачи исследования: создание информационной базы данных, позволяющей актуализировать, структурировать и управлять информацией, возникающей в ходе процесса проектирования изделий, и информацией, обеспечивающей данный процесс. Возможность ведения архива с целью накопления полученных знаний и опыта, с дальнейшим их применением в новых разработках.

Создание единого информационного пространства, для обеспечения совместной работы в рамках расширенного предприятия.

Обеспечение защищенного доступа пользователей к системе, позволяющего получить необходимую информацию в зависимости от прав доступа. Организация удаленного доступа через Интернет за счет использования веб-технологий.

Создание интуитивно понятного, простого и дружелюбного пользовательского интерфейса, позволяющего быстро приступать к выполнению требуемых задач, пополнять базу данных новой информацией, обеспечивая процесс накопления знаний. Реализация подхода изменения интерфейса в зависимости от прав доступа пользователя, что позволит ему сосредоточиться на выполнении конкретных задач.

Возможность интеграции с широким спектром систем автоматизированного программного проектирования (САПР), офисными пакетами, ERP-системами и т.д. Возможность поддержания процесса проектирования изделий для совместной работы с различными специализированными САПР, такими как, CATIA, SolidWorks, Moldex3D. Обеспечение централизации хранения итоговых и промежуточных данных, а также их актуализация.

Обеспечение управления бизнес-процессами проектирования изделий посредством автоматизированного создания бизнес-процесса проекта, основанного на понимании связи между требованиями к изделию и стандартными схемами процессов, а также обеспечение совместного доступа к процессам для всех их участников.

Обеспечение возможности работы системы в рамках расширенного предприятия, что позволит вовлекать в процесс все больше и больше его участников, начиная от заказчиков и их требований к изделию, заканчивая субподрядчиками, поставщиками и другими.

Разрабатываемая распределенная интегрированная среда ведения проектов создания новых изделий (СВПНИ) предназначена для ведения проектов разработки,

проектирования изделий и подготовки их к производству, в условиях постоянной кооперации.

Совместная кооперационная среда подразумевает объединение на базе информационных технологий географически удаленных организаций и предприятий. При образовании кооперации неизбежно возникает необходимость организации взаимодействия компаний на уровне совместного использования информации о выпускаемом продукте, его структуре, составе выполняемого проекта, в целом, и управления их взаимодействием.

Для эффективного функционирования СВПНИ необходимо использовать методологию коллективной, совместной работы из различных географически удаленных мест для решения инженерных задач, интегрирующих научно-производственный потенциал множества независимых учреждений, применять комплекс методик повышения эффективности проектирования на основе накопленного опыта, баз знаний, интегрированных современных компьютерных технологий [3].

Методология совместной работы в условиях кооперации должна отвечать основной своей функции и целевым критериям построения кооперации. Основная функция – оптимизация бизнес-процессов, возникающих по ходу жизненного цикла изделий (ЖЦИ), которая возводится на фундаменте глобальной информационной поддержки каждого этапа ЖЦИ, для обеспечения дальнейшей их прозрачности и управляемости. Целевыми критериями оптимизации процессов проектирования, КТПП и изготовления изделий являются: стоимость, время и качество изделия.

Для обеспечения кооперации работ и совместного использования данных и информации всех участников проекта необходимо обеспечить их взаимодействие в едином информационном пространстве (ЕИП), где каждому участнику проекта предоставлена возможность получить необходимую, доступную в зависимости от роли в проекте, информацию о реализуемых текущих проектах, документах, моделях, расчетах и их исполнителях.

Использование распределенной интегрированной системы для ведения проектов создания новых изделий в рамках расширенного предприятия позволит сократить сроки вывода новых изделий на рынок, обеспечит накопление полученных знаний и опыта для дальнейшего использования, уменьшит вероятность ошибок в принятии решений на каждом этапе проектирования и изготовления, позволит наладить кооперацию между всеми участниками расширенного предприятия. Она позволяет не только объединить всю информацию по проекту, но и организует данные в виде четко выстроенной структуры, систематизирует и индексирует их. В результате работа над проектом становится более упорядоченной, всегда можно определить какие данные уже есть, а какие еще требуется получить. СВПНИ дает возможность не только отслеживать процесс проектирования и производства и осуществлять полный контроль со стороны руководителя проекта, но и четко планировать загрузку специалистов за счет выстраивания всех процессов в той последовательности, которая дает максимальную эффективность.

Литература

1. Цупиков А.В., Яблочников Е.И., Восоркин А.С. Интегрированная система для разработки изделий из полимерных композиционных материалов на основе методологии PLM // Программные продукты и системы. – 2014. – № 2. – С. 100–104.
2. Гудков Д. Информационная поддержка изделия на всех этапах жизненного цикла (CALS «continuous acquisition and life-cycle support») [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://emb.ustu.ru/kurs/ispu/download/1/gud.htm>, своб.

3. Яблочников Е.И., Молочник В.И., Фомина Ю.Н., Саломатина А.А., Гусельников В.С. Методы управления жизненным циклом приборов и систем в расширенных предприятиях. Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 148 с.
4. Яблочников Е.И., Молочник В.И., Миронов А.А. ИПИ-технологии в приборостроении. Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. – 128 с.
5. Яблочников Е.И. Методологические основы построения АСТПП. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2005. – 84 с.
6. Зильбербург Л.И., Молочник В.И., Яблочников Е.И. Информационные технологии в проектировании и производстве. – СПб.: Политехника, 2008. – 304 с.



Чепурова Ольга Александровна

Год рождения: 1987

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра графических технологий, группа № 6642

Направление подготовки: 230400 – Информационные системы
и технологии

e-mail: olga.chepurova@gmail.com

УДК 004

**МЕТОДЫ ПРЕВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММ ОДИНОЧНОГО ФИГУРНОГО
КАТАНИЯ**

О.А. Чепурова

Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.Г. Рущенко

Фигурное катание – уникальный вид спорта, объединяющий сложнейшую биомеханическую технику движений спортсмена и художественную выразительность образа. Неотъемлемой частью подготовки фигуриста является создание соревновательной программы, которая представляет собой синтез техники и искусства. Данное исследование посвящено рассмотрению возможных подходов в вопросе модернизации процесса записи программ фигурного катания, путем внедрения компьютерных технологий. Рассматриваются возможные методы превизуализации, выдвигается предложение по созданию инструмента для электронной записи прототипа соревновательной программы.

На сегодняшний день выбор способов фиксации постановочных решений неоправданно ограничен. Существует так называемая «ручная запись», когда графический рисунок программы рисуется на листе бумаги. Некоторые спортсмены и тренеры прибегают к видеозаписи постановочных решений, но в этом случае обязательным условием становится исполнение одним из них сочиненной программы. Мультимедиа разработки, такие как программа Dartfish или технология Motion Capture, используются в тренировочном процессе исключительно для корректировки техники исполнения элементов. Цифровой способ записи хотя бы схемы программы позволит ускорить постановочный процесс, разучивание спортсменом программы (особенно это касается фигуристов начального уровня обучения). Электронный ресурс для составления программ может впоследствии стать платформой для создания базы постановочных решений, своеобразной картотекой спортсмена и тренера. Цифровая запись программы – это способ превизуализировать то, что еще ни разу полностью не исполнялось спортсменом, превиз даст возможность наглядно представить, как рисунок программы будет выглядеть на льду еще до того, как фигурист исполнит его на тренировке или на соревнованиях. В то же время это своего рода памятка на случай,

если исполнитель забыл последовательность элементов, засомневался в правильности исполнения того или иного шага.

В ходе исследования были рассмотрены различные способы превизуализации, которые делятся на два основных типа реализации – в 2D и 3D. Исходя из имеющегося опыта применения мультимедиа технологий в области фигурного катания, было сделано обобщение плюсов и минусов их использования. При выработке критериев оценки во внимание принималась поставленная задача по превизуализации. В схеме (таблица) можно увидеть, какими преимуществами обладает та или иная технология относительно интересующих нас параметров.

Таблица. Сравнение мультимедиа технологий, применяемых в фигурном катании

| Параметры | Технология фиксации движения | | |
|--|------------------------------|----------------|--------------|
| | Dartfish | Motion Capture | Gif-анимация |
| Качество получаемого изображения | + | + | – |
| Покадровая превизуализация отдельно взятого элемента | + | + | – |
| Стоимость съемочного процесса «+» – высокая; «–» – низкая | +/- | + | – |
| Стоимость процесса обработки отснятых материалов «+» – высокая; «–» – низкая | + | + | – |
| Корректировка отснятых движений | – | + | – |
| 3D-визуализация | – | + | – |
| Величина затрат на пополнение базы демонстрационных примеров «+» – высокая; «–» – низкая | + | + | – |
| Необходимость приобретения специального программного обеспечения | + | + | – |
| Величина объема занимаемой памяти «+» – высокая; «–» – низкая | + | + | – |

На основе проведенного сравнения был сделан вывод, что оптимальным способом создания превиза будет перевод традиционной записи схемы программы в электронный вид с возможностью создания и редактирования записей таких схем. Это решит проблему превизуализации технической составляющей спортивной программы, поможет зафиксировать основу постановочного решения, станет спортсмену подсказкой при разучивании ледового рисунка программы. Графический редактор программ лучше всего представить в виде мобильного приложения как наиболее доступного и популярного инструмента повседневной жизни.

Основные цели создания приложения:

1. составление прототипа короткой и произвольной программ одиночного фигурного катания в электронном виде;
2. упрощение способа фиксации творческих наработок спортсменов, тренеров, хореографов;
3. создание информационной базы о постановках программ отдельно взятого спортсмена.

На основе проведенных опросов потенциальной целевой аудитории, был предложен основной функционал такого приложения:

- доступ к разрядным требованиям коротких и произвольных программ для фигурного катания;

- составление и редактирование схемы программы;
- загрузка и редактирование музыкального сопровождения;
- подсчет времени исполнения каждого элемента и всей композиции в целом;
- подсчет технической оценки за программу;
- сохранение и отправка превиза программы в виде графической схемы;
- анимация макета программы с музыкальным сопровождением;
- всплывающие подсказки исполнения элементов;
- возможность делать текстовые заметки и комментарии к программе.

Разработанная концепция предполагает, что приложение даст возможность пользователю конструировать схему программы фигурного катания, рассчитывать техническую оценку постановки, накладывать и редактировать музыкальную композицию.

Исходя из поставленных задач, была создана поэкранная схема функционирования приложения. В качестве рабочего названия было выбрано «PROGA-FS Pro». На изображении (рис. 1) приведена схема версии приложения с максимальным функционалом.

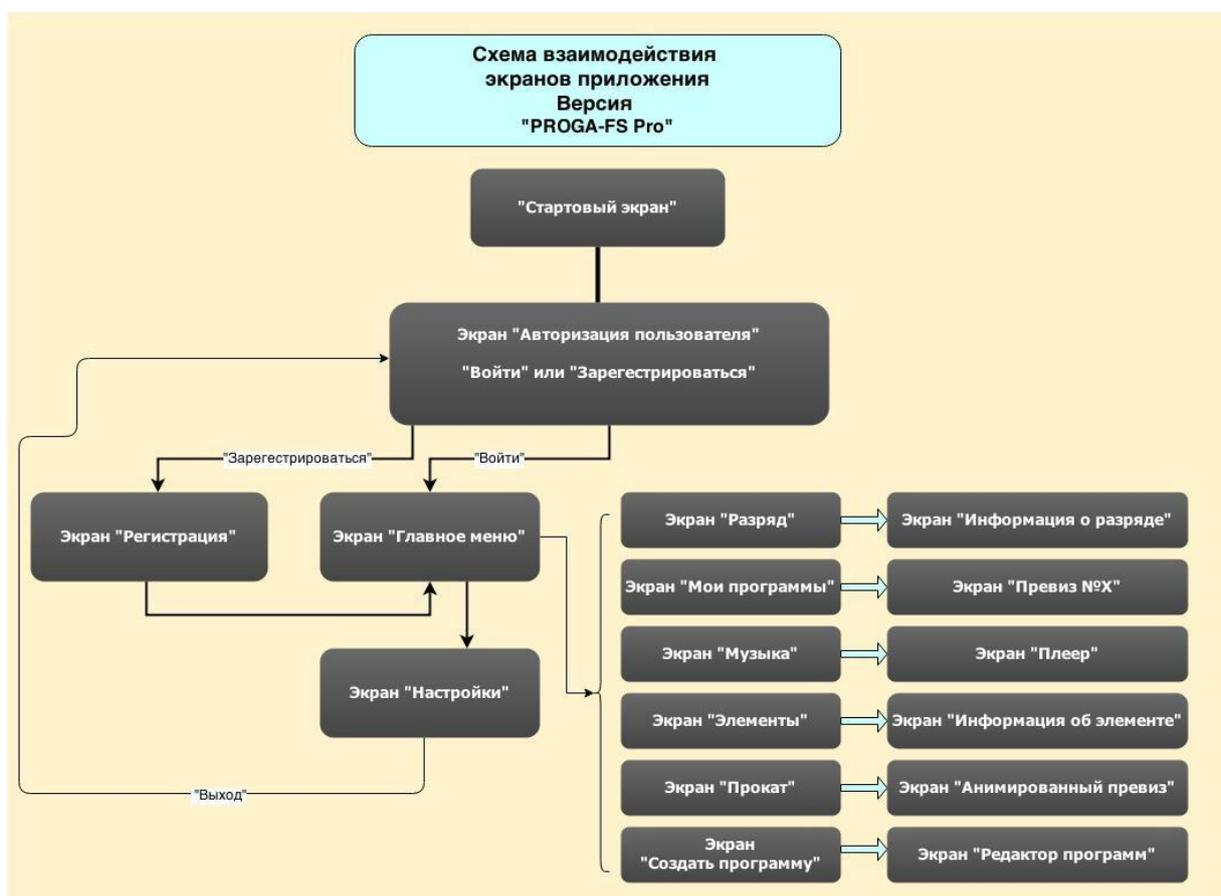


Рис. 1. Схема взаимодействия экранов приложения

Самой трудоемкой задачей была разработка концепции раздела графического редактора для составления программ, который был бы удобен и интуитивно понятен потенциальному пользователю. В развитии идеи за основу были взяты примеры редакторов дизайна интерьеров. В итоге редактор был представлен в качестве экрана (рис. 2), где на ледовое поле методом перетаскивания иконок с условными изображениями элементов по принципу паззла складывается программа. За счет привязки времени исполнения и стоимости к каждому отдельно взятому элементу финальная схема смогла быть соотнесена с музыкальным сопровождением, а также быть просчитана с точки зрения базовой технической оценки.

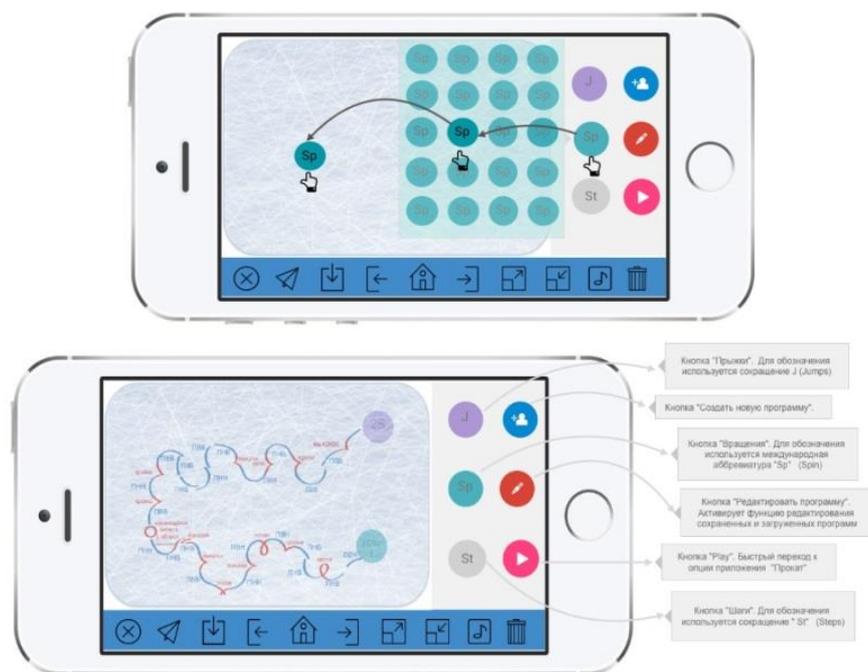


Рис. 2. Представление экрана графического редактора программ мобильного приложения

В результате проведенного исследования было выяснено, что современное фигурное катание нуждается во внедрении актуальных мультимедиа технологий на этапе подготовки спортивных соревновательных программ. Обзор существующих технологий, на основе которых возможна разработка методов превизуализации программ, показал, что наиболее востребованной и экономичной станет не адаптация существующих систем фиксации движений, а оригинальная разработка условного языка, основанная на традиционно сложившихся способах записи программ фигурного катания, актуализированная благодаря мультимедиа технологиям в соответствии с требованиями сегодняшнего дня. Результатом практического воплощения сформулированного вывода стала разработка прототипа мобильного приложения под рабочим названием «PROGA-FS» в двух версиях – Light и Pro, рассчитанных на различные категории пользователей, в рамках сегмента описанной в исследовании целевой аудитории.

Литература

1. Sicuro M.A. Saving the Last Dance: Achiving [sic] Performance Using Motion Capture. – Indiana University, 2003. – 172 p.
2. Медведева И.М. Композиция соревновательных программ (короткой) в фигурном катании на коньках [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lib.sportedu.ru/Books/XXPI/2001N6/p19-26.htm>, своб.
3. Мишин А.Н., Шапиро В.А. Фигурное катание как космический полет. – СПб.: Реноме, 2015. – 294 с.
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.livescience.com/43381-computer-simulations-olympic-figure-skating.html>, своб.
5. Richards J. The 3D technology that is helping ice skaters [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://edition.cnn.com/2013/06/28/tech/the-3-d-technology-that-is-helping-ice-skaters/index.html>, своб.
6. Kukich D. Airbone on ice [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.udel.edu/udaily/2014/feb/skating-technology-021214.html>, своб.



Чернышев Станислав Юрьевич

Год рождения: 1984

Факультет инфокоммуникационных технологий,
кафедра программных систем, группа № 6957

Направление подготовки: 210700 – Инфокоммуникационные
технологии и системы связи

e-mail: epicfspace@yandex.ru

УДК 65.011.56

МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ И ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИЕЙ

С.Ю. Чернышев

Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.А. Осипов

Целью работы являлось исследование ERP-систем ведущих производителей, представленных на российском рынке, и выработка общих вариантов их оптимизации.

Введение. На сегодняшний день оптимизация ERP (Enterprise Resource Planning)-систем сводится к расширению функционала ERP-системы, путем добавления в нее новых функций и блоков, характеризующих бизнес-процесс или группу бизнес-процессов. При этом процесс внедрения, эксплуатации и модернизации ERP-системы зачастую остается за рамками данного подхода. Это обусловлено тем, что вендоры ERP-систем за счет продажи консалтинговых услуг получают существенный объем прибыли, а значит, заинтересованы в таком ходе вещей. Затраты на внедрение, эксплуатацию и модернизацию ERP-систем – весьма велики, следовательно оптимизация процессов, связанных с этими областями, может помочь организациям существенно сократить расходы на IT-инфраструктуру [1].

Разворачивание ERP-системы в облаке. Стремительное развитие облачных технологий, скорее всего, приведет к постепенному отказу компаний от традиционной IT-инфраструктуры и повлечет массовое использование вычислительных мощностей, предоставляемых «облачными» провайдерами [2]. В настоящей работе был проведен анализ целесообразности разворачивания ERP-системы, используя облачные вычислительные мощности, а не на физические серверы. Сравнительный анализ показал, что стоимость сопоставимых по производительности мощностей физического оборудования эквивалентна двухгодичной подписке на облачные услуги [3, 4]. Отсюда можно сделать вывод, что в долгосрочной перспективе покупка физического оборудования выгоднее, чем использование облачных технологий, но с другой стороны, вариант использования облачных вычислительных мощностей более гибкий, потому что имеет:

- гибкое регулирование вычислительных мощностей (например, 80% времени используются только 60% мощностей, следовательно, за неиспользуемые ресурсы при использовании облачных вычислений можно не платить);
- небольшие первоначальные затраты (расходы на вычислительные ресурсы растянуты во времени);
- мгновенное масштабирование мощностей (простота увеличения производительности);
- отсутствие затрат на обслуживание оборудования;
- отсутствие проблем, связанных с заменой оборудования, вышедшего из строя (при использовании физического оборудования на момент поломки некоторые компоненты могут быть сняты с производства).

Использование облачных ресурсов для разворачивания ERP-системы может быть выгодно средним и малым предприятиям, большим компаниям предпочтительнее разворачивать ERP-систему на физических серверах. При этом стоит отметить, что большие компании могут использовать облачные технологии для тестирования нагрузки ERP-системы, чтобы в дальнейшем, опираясь на полученные результаты, более детально проектировать пул вычислительных мощностей. Допустим и комбинированный вариант с распределением нагрузки между физическим и облачным ресурсом. Также стоит отметить, что вендоры ERP-систем уже начали предоставлять свои услуги в облаке по схеме SaaS (например, SAP, у Microsoft также есть подобные планы на Ахapta) [2].

Управление разработкой. Изменения, постоянно происходящие в бизнес-среде, требуют внесения изменений в бизнес-процессы организации и, как следствие, внесения соответствующих изменений в функционал ERP-системы. В данной работе были выделены три направления, характеризующие данный процесс: распределение ролей при ведении разработки, документирование разработки, распределение ресурсов при проведении разработки в ERP-системе.

Распределение ролей при ведении разработки. На сегодняшний день для ERP-системы характерно распределение ролей таким образом, что разработчики не только пишут код, но и одновременно настраивают бизнес-логику функционала ERP-системы, что требует от разработчиков дополнительных знаний и квалификации в смежных областях. Зачастую программист при выполнении задачи должен разбираться в вопросах финансов, логистики, бухгалтерского учета и т.д. Такой порядок увеличивает зависимость от исполнителей (так как все изменения вносятся только через программиста), увеличивает штат разработчиков, стимулирует повышение требований к квалификации разработчиков, негативно влияет на политику конфиденциальности информации. Решением данной проблемы может стать правильное разделение ролей в процессе разработки. Добиться этого можно как на уровне исполнения процесса, но, на взгляд автора, эффективнее изменить сам подход к разработке. Выработанный данный подход заключается в разграничении задач, связанных с созданием компонентов, и задач, связанных с настройкой бизнес-логики на программном уровне. В таком случае программисты создают набор универсальных компонентов, необходимых для выполнения задачи (и суть их работы в большинстве случаев сводится только к этому), а постановщики задачи (ответственные менеджеры, компетентные в автоматизируемой области) выстраивают из созданных программистами компонентов – логику процесса.

Документирование разработки. Еще одной проблемой, с которой сталкиваются при ведении разработки в ERP-системе – является документирование изменений, вносимых в функционал компании. При отсутствии документирования изменений, накопленные знания уходят из компании вместе с сотрудниками, что делает компанию зависимой от людей, ведущих разработку. Для сохранения истории разработки, необходимо иметь единый механизм управления документацией, который бы позволял связать воедино все компоненты, характеризующие разработку: техническое задание, регламенты и инструкции, характеризующие автоматизируемый бизнес-процесс, отчеты о тестировании, отчеты о ходе разработки, руководства по использованию созданного функционала. Это позволит нивелировать зависимость от кадров, занимающихся постановкой задач и их реализацией, а также за счет доступности и прозрачности информации упростить сам процесс ведения разработки. Несмотря на то, что оформление документации потребует выделения дополнительно времени на разработку – это положительно скажется на дальнейших изменениях, а также позволит компании сохранить интеллектуальный капитал.

Распределение ресурсов при проведении разработки в ERP-системе. При проведении разработки в ERP-системе, компании сталкиваются с неправильным распределением ресурсов, выделяемых на проведение разработки. Это связано с тем, что для ERP-системы характерно разделение задач на регулярные и срочные. Регулярные – это заранее запланированные задачи, срочные – это задачи, возникающие вследствие непредвиденных обстоятельств и требующие оперативного решения. Формирование плана разработки с учетом прогнозирования вероятности наступления срочных задач и их объема поможет более точно определять время введения в эксплуатацию нового функционала ERP-системы, менеджменту организации принимать соответствующие управленческие решения, основываясь на расчетных данных. В предлагаемой модели прогноз строится на основе истории уже завершенных задач (прогноз объема срочных задач, прогноз вероятности своевременного закрытия задачи), а также расчета вероятности изменения объемов доступных кадровых ресурсов (сотрудник заболел, ушел в отпуск, уволился). Правильная организация процесса ведения разработки позволит оптимизировать временные и финансовые затраты компании, связанные с внесением изменений в функционал ERP-системы.

Совместимость с программными продуктами других производителей. Современные организации зачастую используют несколько ERP-систем. Это обусловлено тем, что каждый подобный программный продукт в определенных областях имеет преимущество перед другими программными продуктами и предлагаемое решение выглядит наиболее удобным. Следовательно, путем комбинирования нескольких систем, компании создают программный комплекс, отвечающий их требованиям. При таком подходе главной проблемой становится организация взаимодействия между различными программными продуктами от разных поставщиков [5, 6]. Хорошим решением в данном случае является универсальный механизм, позволяющий организовать обмен информацией между программными продуктами. Принцип действия подобного механизма основан на аутентификации и валидации запроса, получаемого от сторонней программы, и в зависимости от результата проверки запроса – отправки xml-файла с результатами, который будет считываться программой, направляющей запрос. Такой механизм позволит объединять программные продукты разных поставщиков между собой.

Заключение. На взгляд автора, представленные методы оптимизации могут серьезно упростить процесс внедрения и эксплуатации ERP-систем, а также повысить эффективность их использования. С другой стороны, в первую очередь все зависит от исполнителей и качества процессов, исполняемых внутри организации. В большинстве рассмотренных методов оптимизации подразумевается внесение изменений в базовый функционал ERP-систем, что может повлечь за собой потерю гарантии производителя на программное обеспечение и отказ от поддержки. Но как показывает практика, самостоятельная модификация и доработка ERP-системы – характерна для рынка Российской Федерации, так как зачастую процесс модификации ERP-системы на аутсорсинге оказывается менее гибким и более дорогим, следовательно, в таком случае необходимо искать баланс. Гораздо важнее сохранять информацию обо всех изменениях, произошедших в ERP-системе. Переход на облачные технологии – вопрос времени, скорее всего, рано или поздно использование облачной платформы в долгосрочной перспективе будет по стоимости сопоставимо с покупкой оборудования, но в данный момент рынок облачных услуг только формируется и, следовательно, цены на облачные вычисления еще не устоялись.

Литература

1. Системы управления предприятием (рынок России) / Аналитическое агентство «Тэдвайзер» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Системы_управления_предприятием_%28рынок_России%29, своб.
2. Облачные вычисления (Cloud computing) / Аналитическое агентство «Тэдвайзер» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Облачные_вычисления_%28Cloud_computing%29, своб.
3. Amazon Web Services, Inc / Корпорация Amazon [Электронный ресурс]. – Режим доступа: aws.amazon.com, своб.
4. Dell Expert / Компания Dell Expert [Электронный ресурс]. – Режим доступа: dellexpert.ru, своб.
5. Осипов Н.А. Архитектура программного обеспечения инфокоммуникационных систем. – СПб.: НИУ ИТМО, 2013. – 155 с.
6. Хоружников С.Э. Проектирование инфокоммуникационных систем. – СПб.: НИУ ИТМО, 2013. – 128 с.

**Шкуров Илья Викторович**

Год рождения: 1992

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6113Направление подготовки: 230100 – Проектирование встроенных
вычислительных системe-mail: shkurov_ilya@mail.ru

УДК 004.514.62

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВСТРОЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ ПЛАНЕРА****И.В. Шкуров****Научный руководитель – д.т.н., доцент А.Е. Платунов**

Планер – это маленький спортивный самолет без мотора. Планер сам взлететь не может, поэтому затягивается в небо на буксире – на веревке, привязанной к самолету-буксировщику или специальной буксировочной лебедке. После набора высоты планер отцепляется и начинает свободный полет, скользя по воздуху, как с горки. По определению в воздухе планер всегда снижается, но если найти такую воздушную массу, которая сама по себе поднимается вверх, всплывает, то планер может подниматься вместе с ней, естественно немного медленнее. Такая воздушная масса называется восходящим потоком и встречается при некоторых метеоусловиях довольно часто.

Приборная панель планеров в отличие от приборной панели самолетов является простой, небольшой. У каждой модели планера она своя, однако, состав у всех панелей примерно одинаковый. В него входят:

- альтиметр барометрический – прибор для измерения высоты;
- указатель скорости барометрический;

- вариометр – прибор для измерения вертикальной скорости планера. На приборной панели может быть несколько вариометров с разными точностями измерения;
- компас.

Перечисленная выше комплектация является минимальной. По усмотрению пилота могут быть добавлены дополнительные приборы. Средняя стоимость панели, состоящей из механических приборов, составляет примерно 40000 руб. (стоимость указана на момент декабря 2013 г.).

Стоит отметить, что приборные панели, состоящие из механических приборов не способны произвести расчет ряд параметров полета, таких как фактическое аэродинамическое качество, скорость ветра относительно земли, фактический курс и т.д. Для расчета данных параметров требуется уже вычислительный блок. На текущий момент для решения данной задачи используется программное обеспечение (ПО), установленное на карманный персональный компьютер и планшеты. Недостатком данного решения является ненадежность данного ПО в связи с его низким приоритетом в используемом вычислительном блоке, а также со сложностью интерфейса для пилота. Отсюда встает вопрос об использовании электронной приборной панели.

Преимущества:

- компактность;
- универсальное решение для планеров;
- возможность расчета и вывода оптимальных параметров полета;
- дешевизна.

Стоит отметить, что электронная приборная панель по своей сути является встроенной вычислительной системой и ее проектирование, ремонт и эксплуатация осуществляются по принципам, действующим для встроенных систем.

Существует достаточно много определений встроенных вычислительных систем. За все время существования не удалось выделить общепринятого канонического определения данного понятия. Вот некоторые из них:

«Встроенные вычислительные системы (ВВС) – специализированные (заказные) вычислительные системы (ВС), непосредственно взаимодействующие с объектом контроля или управления и объединенные с ним единой конструкцией.

Встроенные вычислительные системы или встроенные системы (ВсС) – любые вычислительные системы, которые не являются ПК, портативным компьютером (laptop) или большим универсальным компьютером (mainframe computer)» [1].

Технический поиск показал, что главным недостатком существующих электронных приборных панелей является их дороговизна. Отсюда была поставлена задача: создать электронную приборную панель, стоимость которой составляет порядка 30–35 тыс. руб. (стоимость указана на момент декабря 2013 г.). Дешевизна панели должна достигаться за счет:

1. оптимизации состава приборной панели;
2. оптимизации функциональности ПО;
3. использования распространенных программных и аппаратных компонент, производимых в промышленных масштабах.

В процессе создания электронной приборной панели работа осуществлялась по следующим направлениям:

- составление технического задания для системы;
- разработка архитектуры системы;
- разработка интерфейса пользователя;

- подбор и настройка аппаратного обеспечения;
- подбор, создание и настройка программного обеспечения;
- верификация и тестирование системы.

Система должна выполнять следующие задачи:

1. измерение температуры окружающего воздуха, высоты, скорости полета на основе показаний имеющихся датчиков;
2. измерение ряда таких дополнительных параметров как координаты текущего местоположения планера, скорость относительно земли, текущее время полета на основе показаний системы GPS;
3. расчет ряда параметров полета, к которым относятся рекомендуемая скорость полета, рекомендуемый курс полета, рекомендуемое аэродинамическое качество и т.д.;
4. отображение для пользователя параметров полета.

Для решения этих задач была разработана архитектура системы, в которой можно выделить следующие блоки (рис. 1):

1. система измерительных элементов в составе:
 - датчик высоты (статического давления) MPX5100AP;
 - датчик скорости (дифференциального давления) MPX5010DP;
 - датчик температуры LM35DT;
 - датчик заряда аккумуляторной батареи;
2. монитор LM-2008 для отображения приборов и шкал приборной панели;
3. вычислительный блок Raspberry Pi model B+;
4. GPS-приемник u-blox NEO-6M;
5. аккумуляторная батарея DTM 1209;
6. программное обеспечение (программа на языке C, ОС Raspbian, прошивка платы сопряжения Arduino Uno, графическая библиотека Open GL ES 2.0 и т.д.).

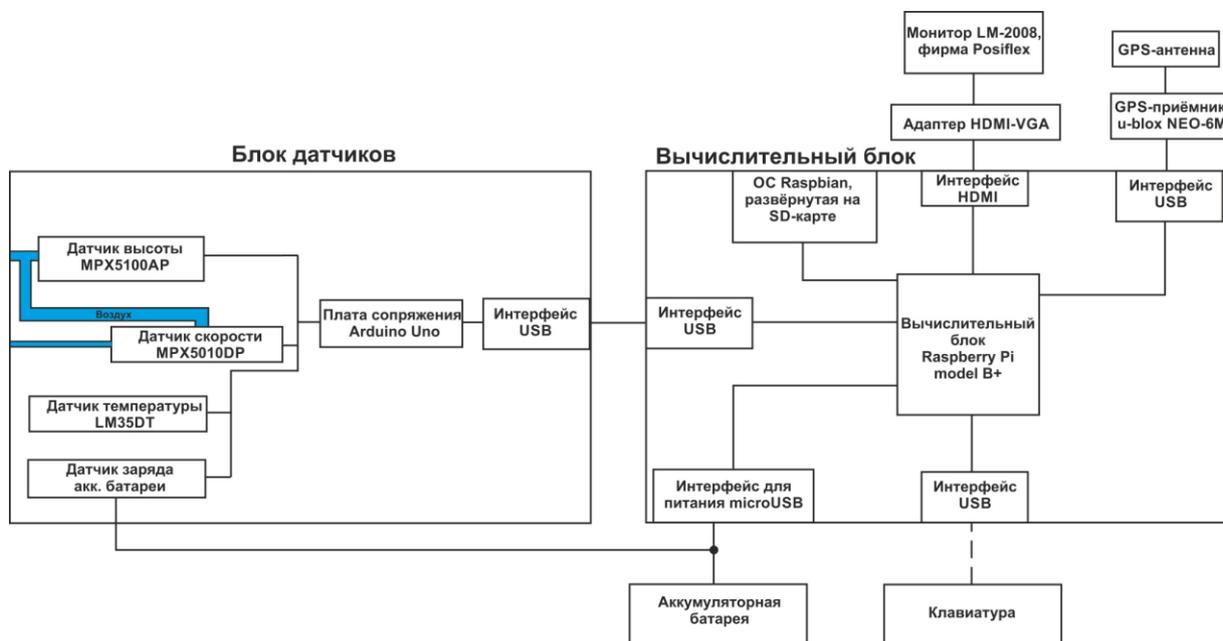


Рис. 1. Функциональная схема системы

Разделение на блоки связано с их функциональностью и удобством размещения на летательном аппарате. Для связи блоков использованы проводные интерфейсы в связи с их более высокой помехоустойчивостью, более низким энергопотреблением, распространенностью и более низкой стоимостью по сравнению с беспроводными интерфейсами.

Для проведения первичных испытаний был разработан переносной стенд, на котором размещены все компоненты электронной приборной панели (рис. 2). Данный стенд позволил решить следующие задачи:

1. оценить точность измерения параметров полета, получаемых от датчиков системы и от GPS-приемника;
2. оценить степень автономности системы;
3. оценить эргономику интерфейса пользователя;
4. провести испытание системы в разных погодных условиях.

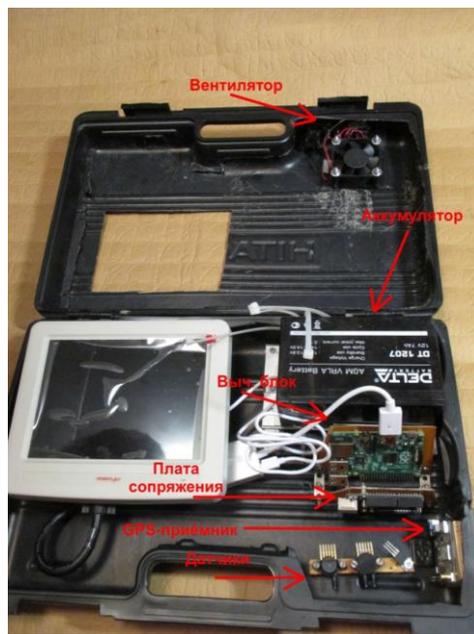


Рис. 2. Элементы испытательного стенда (для наглядности часть проводов снята)

В дальнейшем после отладки аппаратного и ПО электронной приборной панели на данном стенде планируется установить систему в кабину планера Л-13 «Бланик» для проведения летных испытаний.

В результате проведенной работы намечены основные принципы работы системы, определена ее архитектура, намечены дальнейшие пути развития. Достигнуты следующие результаты:

1. разработана архитектура системы, удовлетворяющая поставленным требованиям и обеспечивающая выполнение поставленных выше задач;
2. выполнен подбор и настройка аппаратного и программного обеспечений;
3. разработанная система позволяет перейти на более высокий уровень надежности, информативности и эргономики;
4. применение системы становится более гибким для различных условий эксплуатации, позволяет производить индивидуальную настройку в соответствии с пожеланиями и опытом потребителя. Использование промышленно-производимых элементов существенно повышает надежность и (или) снижает товарную стоимость;
2. разработка данной системы соответствует общему направлению прогресса в области авионики.

Литература

1. Ключев А.О., Ковязина Д.Р., Кустарев П.В., Платунов А.Е. Аппаратные и программные средства встраиваемых систем. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. – 290 с.



Эйвазов Антон Игоревич

Год рождения: 1982

Факультет технологического менеджмента и инноваций,
кафедра финансового менеджмента и аудита, группа № иб555

Направление подготовки: 080200 – Менеджмент

e-mail: aaai@mail.ru

УДК 334.7

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАРКЕТИНГОМ И ПРОДАЖАМИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МЕДИЦИНСКОЙ ОТРАСЛИ

А.И. Эйвазов

Научный руководитель – д.э.н., профессор Н.А. Шапиро

В условиях совершенствования экономической системы особую значимость и актуальность приобретают вопросы, связанные с управлением развития бизнеса в соответствии с законами и требованиями, определяемыми сущностью и принципами рыночного хозяйствования.

В настоящее время в России продолжается активный процесс внедрения маркетинга в предпринимательскую деятельность или бизнес, что способствует формированию рыночного менталитета и повышению эффективности деятельности компаний в условиях рыночной экономики. Однако проникновение идей рыночной ориентации – это постепенный процесс и несмотря на то, что маркетинг уже плотно вошел в практику большинства российских организаций, из-за бессистемности управления маркетингом эффект по мере развития бизнеса и усиления конкуренции по-прежнему не столь высок [1].

Высокая степень неопределенности окружающей среды предопределяет тот факт, что управленческие решения, связанные с маркетингом становятся сегодня одной из самых сложных областей в управлении развитием бизнеса, оказывающей существенное влияние на другие функциональные сферы деятельности компании [2]. Все большую актуальность приобретают вопросы не только адаптации фирмы к потребностям рынка, глубокой ориентации на потребителя, но и проблемы активного формирования бизнеса. Все сильнее ощущается потребность в согласовании разрозненных элементов управленческой деятельности, связанной с влиянием на уровень, сроки и структуру спроса, в единое целое. В этой связи как никогда остро стоит проблема формирования на предприятии системы управления маркетингом, которая бы соответствовала необходимому уровню современного менеджмента [3].

Речь идет о том, что воздействие предприятий на рыночную конкуренцию может быть значительно эффективнее, если целенаправленно управлять маркетингом. В силу этого особенно важным является рассмотрение маркетинга с точки зрения современной теории, т.е. не только как комплекса инструментов, с помощью которых фирма изучает ситуацию на рынке, но и как функцию управления, в рамках которой осуществляется анализ, планирование, организация, контроль предпринимательской деятельности в целом.

Практика свидетельствует, что создание специального подразделения маркетинга еще не гарантирует компании решения его рыночных проблем. Фирмам следует не только регулярно пересматривать свои позиции в отношении рынка, формирования стратегий, направленных на активное воздействие, но также,

в отношении принципов, форм и методов управления маркетингом, методов практической реализации функций управления в сфере маркетинга. Необходим поиск решений задач, возникающих при формировании качественно нового, базирующегося на системном видении, подхода к реализации маркетинговой деятельности в бизнесе.

Все вышеизложенное подтверждает актуальность данного исследования с научной и практической точек зрения. Данные обстоятельства предопределили выбор темы, цель, задачи, структуру и основные направления настоящего исследования [4].

Целью работы являлось развитие методологических основ и разработка методических положений по формированию системы управления маркетингом компании с точки зрения развития бизнеса.

Для достижения данной цели были поставлены и решены следующие задачи:

- обобщен теоретический, методологический и методический материал по вопросам управления маркетингом и продажами, изучены закономерности и тенденции развития концепций управления маркетингом в рамках управления бизнесом;
- исследована сущность и проведен анализ процессов в области управления маркетингом в бизнес-компаниях;
- выявлены и охарактеризованы основные проблемы, связанные с формированием системы управления маркетингом в компании инновационных отраслей;
- предложены методические рекомендации по формированию информационной основы маркетингового менеджмента на предприятии;
- исследованы особенности конкурентных стратегий и инструменты маркетинга в управлении развитием бизнеса медицинской отрасли;
- раскрыта сущность стратегии позиционирования, определена ее роль в достижении маркетинговых целей в компании медицинской отрасли;
- предложен алгоритм разработки системы управления маркетингом на рынке конкретной продукции (позвоночных имплантов).

Объектом исследования выступают компании, функционирующие на отечественном рынке медицинской продукции.

Предметом исследования являются процессы управления маркетингом и продажами в компаниях медицинской отрасли.

Теоретической и методологической основами работы являлась совокупность методов, таких как дескриптивный метод, сравнительного анализа, дедукции, индукции и др., реализованных в трудах ведущих зарубежных и отечественных экономистов по проблемам: маркетинга, сбыта, позиционирования и организации управленческой деятельности компании [5].

Теоретические и методологические основы и методические аспекты управления маркетингом изложены в работах западных авторов: П. Друкера, Е. Дихтля, П. Дойля, Ф. Котлера, Ж.Ж. Ламбена, Т. Питерса, М. Портера, У. Района, Х. Хершгена и других.

В России вопросы теории управления маркетинговой деятельностью компаний, а также развитие бизнеса, в целом, получили освещение в исследованиях таких авторов как: Г.Е. Алпатов, Г.Л. Багиева, Д.И. Баркан, С.Г. Божук, А.А. Браверман, Е.П. Голубков, а также В.Л. Василенок, Б.Б. Коваленко, М.А. Макаренко, Г.П. Петропавлова, Н.И. Усик, Н.А. Шапиро и др.

Научная ценность настоящего исследования состояла в приложении теоретических основ управления маркетингом к анализу и разработке

методических рекомендаций по стратегии маркетинга компании конкретной отрасли для достижения целей бизнеса.

Практическая значимость результатов исследования заключена в практических рекомендациях, доведенных до стадии, позволяющей использовать их в целях повышения эффективности управленческой и планово-аналитической деятельности, связанной с вопросами маркетинга и маркетинговой деятельности организации в управлении бизнесом.

Наиболее существенные результаты исследования, обладающие научной ценностью:

- предложены методические рекомендации по формированию информационной основы маркетингового менеджмента на предприятии;
- предложен алгоритм разработки стратегии позиционирования как важной функции управления маркетингом на рынке конкретной продукции (позвоночных имплантов).

Литература

1. Коваленко Б.Б., Савушкин А.А. Сделки слияний и поглощений в процессе создания и роста стоимости организаций корпоративного предпринимательства // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2014. – № 4. – С. 194–205.
2. Ламбен Ж.-Ж. Стратегический маркетинг. Европейская перспектива / Пер. с франц. Б.И. Лифляндчика, В.Л. Дунаевского. – СПб.: Наука, 1996. – 589 с.
3. Алпатов Г.Е. Общая методика внедрения системы маркетинга на предприятии // Текстильная промышленность. – 1994. – № 5–6. – С. 8–13.
4. Самсонова Т.С. Управление качеством продукции как элемент конкурентоспособности продукции // Экономика и предпринимательство. – 2014. – № 11-4(52-4). – С. 848–850.
5. Шапиро Н.А., Горячий С.А. Государство и рынок: концессии как форма взаимодействия // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2012. – № 1. – С. 433–440.

**УЧАСТНИКИ КОНКУРСОВ КАФЕДР
НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ
ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
МАГИСТРОВ**

**Баевских Александр Николаевич**

Год рождения: 1992

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6113Направление подготовки: 230100 – Информатика и вычислительная техника

e-mail: aleks.bae@gmail.com

УДК 004.04+004.3+004.9

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЬЦЕВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ НА ПЛИС
ДЛЯ ПРИЛОЖЕНИЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ****А.Н. Баевских****Научный руководитель – к.т.н., доцент П.В. Кустарев**

Как известно, цифровая обработка сигналов (ЦОС) – процесс, состоящий из двух четко разделяемых этапов. Первый этап – предварительная обработка, второй – вторичная обработка [1]. В данной работе непосредственный интерес представляла именно предварительная или первичная обработка. Этап предварительной обработки характерен тем, что на нем производится преобразование сигнала из аналоговой в цифровую форму. Это преобразование выполняется различными методами в зависимости от типа используемого аналого-цифрового преобразователя (АЦП) [2].

Целью работы являлось установление параметров высокочастотных генераторов тактовых сигналов, реализуемых на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС), и возможности их использования при реализации трактов ЦОС.

В работе, для достижения цели, были поставлены следующие задачи:

1. обзор генераторов импульсных сигналов и областей, в которых они применяются;
2. размещение кольцевого генератора (КГ) на ПЛИС;
3. экспериментальное определение параметров и характеристик КГ;
4. оценка условий использования КГ для задач ЦОС.

В контексте первой задачи в работе были рассмотрены генераторы импульсных сигналов, а также области их применения и проблемы, которые связаны с их применением. Такими генераторами могут быть керамические или кварцевые резонаторы, либо КГ. Первые применяются для синхронизации в цифровых схемах [3]. Вторые – для вспомогательных функций таких, как измерение температуры на локальных участках ПЛИС или генерации физически неповторимых функций [4].

Кварцевые и керамические резонаторы, не смотря на свою высокую добротность, ограничены по частоте (до 300 МГц). Более того, использование таких генераторов на частотах выше 50 МГц влечет за собой дополнительные расходы на трассировку и размещению их на плате.

КГ, обладая низкой добротностью, позволяют достигать высоких частот [4]. В проведенных экспериментах были достигнуты частоты выше 1 ГГц. При этом такие генераторы можно располагать внутри ПЛИС, что ведет к снижению числа высокочастотных компонентов на плате.

КГ – это каскад элементов задержки, объединенных обратной связью [4]. Данный вид генераторов позволяет достигать высоких частот при низком потреблении энергии, позволяет переместить генераторы с платы на кристалл, а также возможно реализовать несколько таких генераторов на одном кристалле. Элементами КГ являются инверторы, которые в контексте жесткой логики строятся на транзисторах. Частоты работы этих

генераторов определяется количеством таких инверторов, а также задержкой каждого из них.

На ПЛИС элементы КГ могут быть построены на базе LUT (Look Up Table). Каждая LUT предоставляет определенную задержку, величину которой можно определить из документации к ПЛИС. Помимо этого, LUT связаны между собой посредством коммутационных блоков, которые также вносят некоторые задержки. Задержка коммутационных блоков может контролироваться только посредством наложения на межэлементные связи временных ограничений. Однако она может варьироваться в пределах 0,8%. На рис. 1 представлена структурная схема КГ из n элементов, каждый из которых состоит из пар LUT-коммутационных блок.

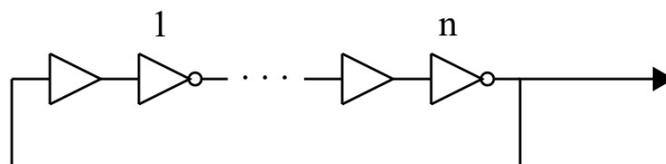


Рис. 1. КГ на ПЛИС

Использованная в работе топология КГ была выбрана для обеспечения максимальной частоты работы КГ. На LUT была реализована логическая операция «И-НЕ» для обеспечения возможности остановки работы КГ.

В работе были поставлены эксперименты, задачи которых приведены ниже:

1. определение характеристик КГ, реализованных на ПЛИС различных семейств;
2. определение характеристик генерируемых сигналов при работе простейшего КГ в зависимости от его положения на ПЛИС;
3. определение повторяемости характеристик генерируемых сигналов простейшего КГ на ПЛИС при многократных запусках.

Эксперименты ставились с использованием различных плат на основе трех выбранных семейств ПЛИС и осциллографа. На рис. 2 построены функции распределения периода КГ в каждой из восьми случайно выбранных позиций на ПЛИС семейства Spartan 3AN.

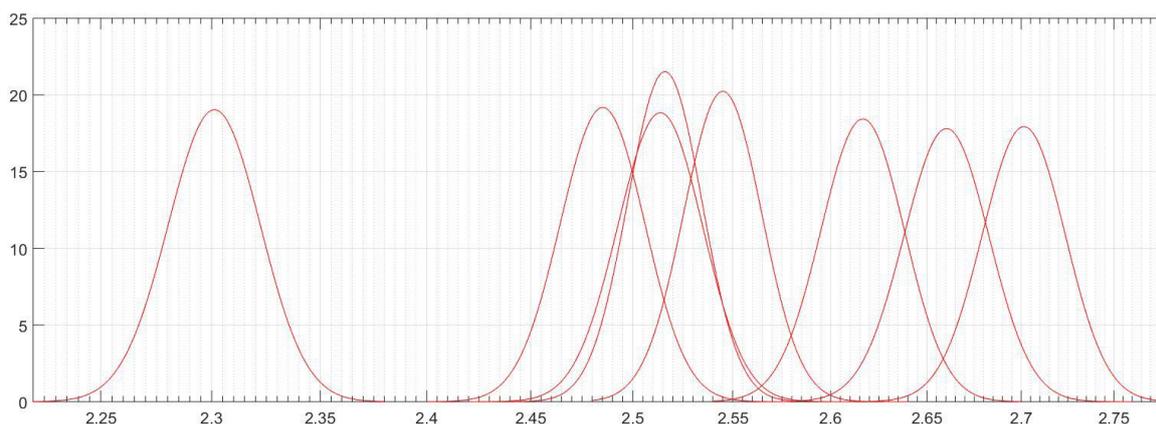


Рис. 2. Функции распределения периодов. Spartan 3AN (по горизонтальной оси — период в нс)

Для Virtex 5 также были взяты восемь позиций КГ на ПЛИС, на рис. 3, а можно увидеть функции распределения периодов сигналов. Кроме этого, был проведен эксперимент с повторным включением КГ. Результаты этого эксперимента приведены на рис. 3, б в качестве функций распределения. Видно, что кривые почти совпадают, из чего следует, что сигнал не меняет своих характеристик в зависимости от количества запусков.

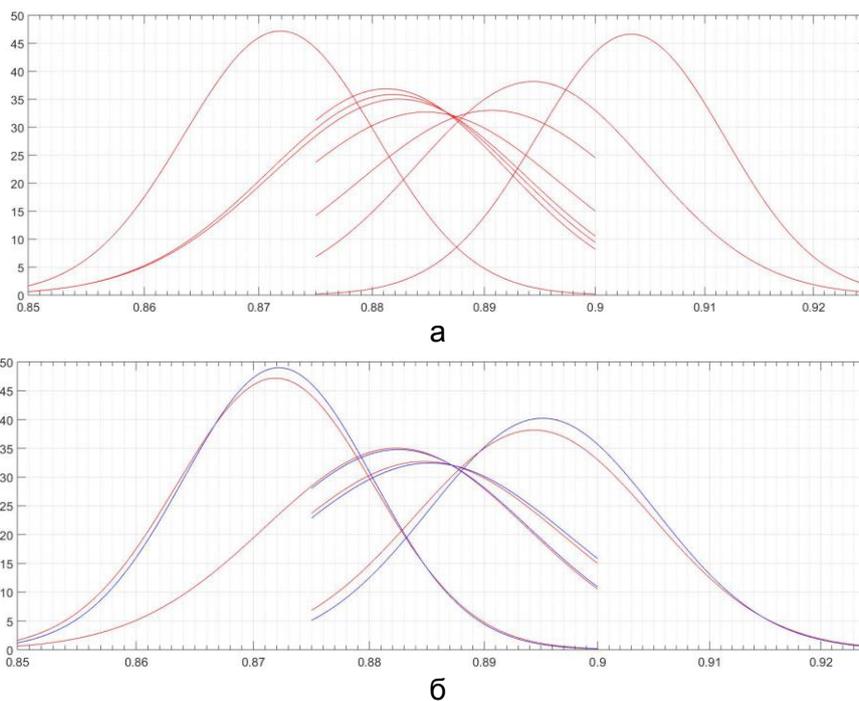


Рис. 3. Функции распределения периодов. Virtex 5 (а); повторное включение КГ (б)

Для Spartan 6 были проведены аналогичные эксперименты с изменением позиции КГ на ПЛИС, но с гораздо большим числом позиций. На рис. 4 представлены кривые функций распределения периодов для каждого из 35 положений КГ на ПЛИС. Как видно, пики кривых, соответствующие математическим ожиданиям, хаотично разбросаны вдоль горизонтальной оси.

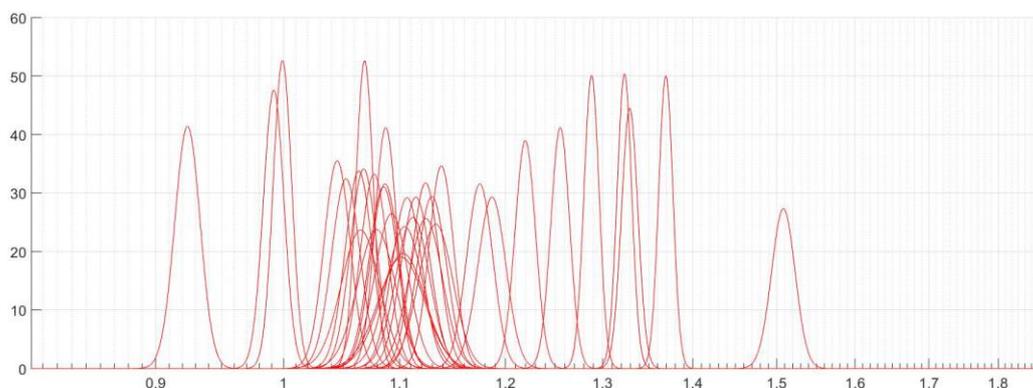


Рис. 4. Функции распределения периодов. Spartan 6

По результатам экспериментов были установлены максимально достижимые частоты для каждого использованного семейства ПЛИС, а также девиации периода, которые были оценены по трем величинам средних квадратичных отклонений. Величины максимальных частот и девиаций: 450 МГц при 2,65% девиации для Spartan 3AN; 1200 МГц при 4,15% – для Virtex 5; 1200 МГц при 4,5% – для Spartan 6. В ходе анализа результата экспериментов было установлено отсутствие зависимости характеристик КГ от количества его запусков, рост периода с ростом температуры и изменение характеристик случайным образом в зависимости от расположения КГ на ПЛИС.

В работе была сформулирована область применения КГ. Перед системами ЦОС могут стоять разнообразные задачи. Такими задачами являются задачи радиолокации, связи и т.д. Эти системы должны принимать и обрабатывать сигналы. КГ может быть использован в этих системах, в качестве источника тактирующих или синхронизирующих сигналов при условии, что он будет использован совместно с

блоками PLL. Также в таких системах КГ может быть использован как источник опорного сигнала для работы АЦП.

К системам ЦОС, а именно в процессе их разработки, могут применяться определенные требования по джиттеру АЦП, на который влияет джиттер опорного сигнала. Источником этого сигнала и является КГ. С точки зрения ЦОС, КГ может быть рассмотрен как абстрактный генератор, имеющий высокий джиттер. Этот джиттер может быть рассчитан на основе статистических данных о периоде сигнала (1) [5].

$$Jitta = \frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^{N-1} |P_0(n+1) - P_0(n)|. \quad (1)$$

Было установлено, что для оценки джиттера используют одну величину среднего квадратичного отклонения. С основой на результаты экспериментов, было определено, что джиттер в наблюдаемых сигналах не превышал 1,5% от математического ожидания периода.

Суммарный джиттер в работе АЦП может быть найден по формуле (2) [2]. Он определяется на основе джиттера опорного сигнала и внутреннего джиттера АЦП, возникающего из-за погрешности работы АЦП.

$$jitter = \sqrt{jitter_{ADC}^2 + Jitta^2}. \quad (2)$$

Исходя из этого, можно рассчитать соотношение сигнал/шум (3) в цифровом сигнале, получаемом в процессе работы АЦП [2].

$$SNR = -20 \times \log_{10}(2\pi \times F_{in} \times jitter). \quad (3)$$

На другом уровне, КГ является нестабильным генератором с «дрожащей» фазой или присутствующим джиттером. Для компенсации джиттера могут быть использованы блоки PLL [4]. PLL представляет собой систему с обратной связью. На основе этого можно получить выходную функцию системы, из чего можно определить фазовую ошибку. Применяя к функции фазовой ошибки теорему о конечном значении, можно получить, что, если устремить время к бесконечности, то фазовая ошибка будет стремиться к нулю.

В качестве результатов проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. полученные характеристики КГ являются повторимыми, что было показано в экспериментах;
2. КГ на ПЛИС позволяет получить высокие частоты (до 1,2 ГГц);
3. КГ на ПЛИС являются нестабильным, что можно компенсировать посредством PLL (аппаратная компенсация) или методов ЦОС (алгоритмическая компенсация);
4. КГ может быть использован как генератор синхронизирующих или тактовых сигналов при условии использования его в комбинации с PLL;
5. КГ может быть использован в качестве опорного генератора для работы АЦП с учетом получаемого SNR или джиттера АЦП.

В дальнейших исследованиях необходимо рассмотреть вопросы о возможностях применения КГ для тактирования блоков на ПЛИС, а также для реализации цифровых синтезаторов сигналов с КГ в качестве опорного сигнала.

Литература

1. Weeks M. Digital Signal Processing Using MATLAB & Wavelets. – Publisher: Jones & Bartlett Learning, 2011. – 492 p.
2. Pearson C. High-Speed, Analog-to-Digital Converter Basics // Texas Instruments Application Report. – 2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ti.com/lit/an/slaa510/slaa510.pdf>, своб.
3. Williamson T. Oscillators for Microcontrollers // Intel Application Note AP-155. – 1983 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ecee.colorado.edu/~mcclurel/iap155.pdf>, своб.
4. Mandal M., Sarkar B. Ring oscillators: Characteristics and applications // Indian Journal of Pure & Applied Physics. – 2010. – V. 48. – P. 136–145.

5. Silva D.G., Oliveira L.C., Andrea M. Jitter estimation algorithms for detection of pathological voices // EURASIP Journal on Advances in Signal Processing. – 2009. – P. 9.



Елистратов Вячеслав Дмитриевич

Год рождения: 1992

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра электротехники и прецизионных электромеханических систем, группа № 6166

Направление подготовки: 140400 – Электропривод и автоматика
e-mail: v.el.ets.ifmo@gmail.com

УДК 681.5.11

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫМИ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ С НИЗКИМИ РЕЗОНАНСНЫМИ ЧАСТОТАМИ

В.Д. Елистратов

Научный руководитель – к.т.н., доцент С.Ю. Ловлин

Основной областью применения научных изысканий и ОКР кафедры ЭТиПЭМС Университета ИТМО является создание прецизионного электропривода опорно-поворотных устройств квантово-оптических комплексов наведения на заданную точку и слежения за космическими объектами, начиная с энергетического обеспечения, создания теории и математических моделей систем управления и заканчивая настройкой реализованного привода на месте его эксплуатации. Особенностью таких приводов являются: низкие скорости вращения, достигающие единиц угловых секунд в секунду, малые среднеквадратичные отклонения от заданных координат и траекторий, наличие низких резонансных частот, достигающих десятков герц и др. [1]. Низкие скорости вращения вынуждают при реализации обратных связей по скорости отказываться от ее прямого измерения – это связано с высокой зашумленностью и неточностью сигнала датчика при малых измеряемых величинах. Наличие малых резонансных частот из-за конечной жесткости конструкции и сравнимых по величинам масс многомассовой системы приводит к тому, что при реализации системы автоматического регулирования скоростью/положением электропривода необходимо ограничивать полосу пропускания во избежание вибраций и разрушения объекта. При этом уменьшение полосы пропускания системы не позволяет подавлять вибрации (возмущающие воздействия) объекта, что приводит к понижению точности наведения [2]. Поэтому **целью работы** являлось построение алгоритма настройки системы управления электроприводом с низкими резонансными частотами и низкими скоростями вращения.

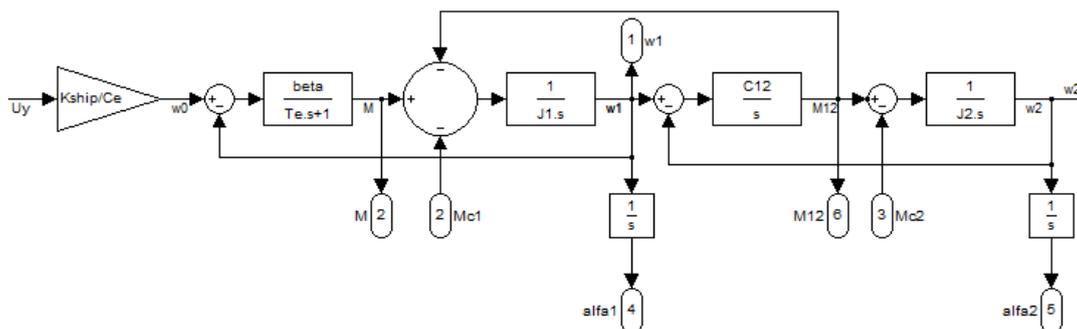


Рис. 1. Структурная схема двухмассового объекта управления

В качестве объекта управления выступала двухмассовая нагрузка, первой массой которой являлся электромеханический преобразователь – трехфазный вентильный двигатель с питанием от широтно-импульсного преобразователя. Структурная схема объекта управления приведена на рис. 1.

В качестве системы управления положением была выбрана подчиненная четырехконтурная система управления, внутренний контур которой управляет моментом, присутствуют два контура управления и внешний контур управления положением вала двигателя. Структурная схема системы приведена на рис. 2. Настройка такой системы на максимальное быстродействие без учета низкой резонансной частоты (21 Гц) приводит к неустойчивости системы. В связи с этим, постоянную времени

внутреннего контура скорости необходимо ограничить неравенством $T_{t1} = \frac{1}{2\Omega_0^*} \geq \frac{\sqrt[4]{\gamma^3}}{2\Omega_0}$,

где Ω_0 – резонансная частота объекта [3]. В таблице указаны регуляторы и параметры настройки для каждого контура с учетом этого ограничения.

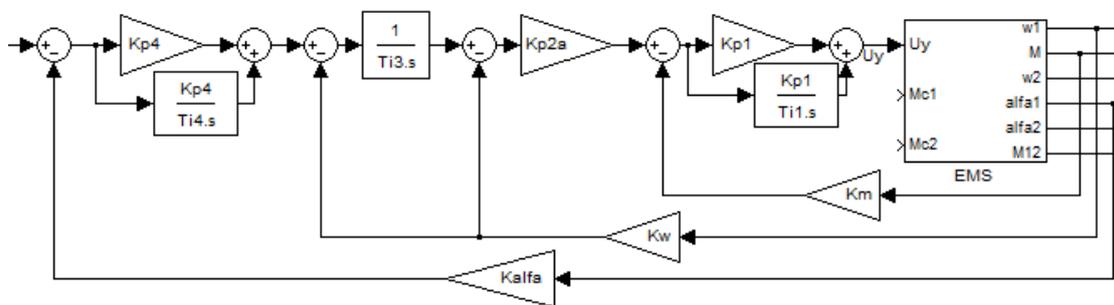


Рис. 2. 4-х контурная подчиненная система управления двухмассовым объектом

Таблица. Регуляторы и параметры настройки для каждого контура с учетом этого ограничения

| Контур | Постоянная времени | Оптимум | Полоса пропускания |
|---------------------|--------------------|---------|--------------------|
| момента | $2T_k$ | ТО | $1/2T_k$ |
| внутренний скорости | T_{t1} | ТО | $2\Omega_0^*$ |
| внешний скорости | $2T_{t1}$ | ТО | Ω_0^* |
| положения | $4T_{t1}$ | СО | $0.5\Omega_0^*$ |

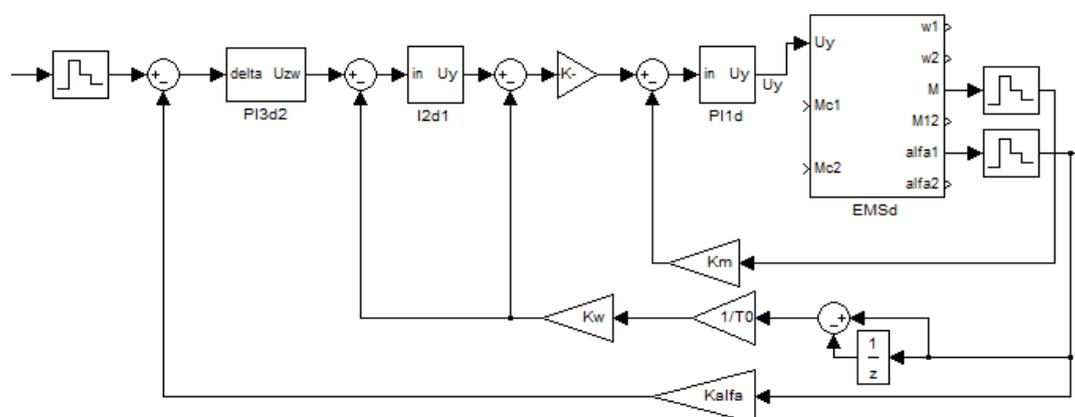


Рис. 3. Структурная схема без датчика скорости

Как уже говорилось, в связи с низкими скоростями вращениями (до 1 рад/с) невозможно использовать датчик скорости. Поэтому для замыкания контуров скорости

последняя вычисляется по показаниям датчика положения в соответствии со следующим выражением: $\omega = \frac{\alpha_m - \alpha_{m-1}}{T_0}$. В дискретных системах это выражение соответствует передаточной функции $\frac{\omega(z)}{\alpha(z)} = \frac{1}{T_0} \left(1 - \frac{1}{z}\right)$, а в непрерывных – $\frac{\omega(s)}{\alpha(s)} = \frac{1}{T_0} (1 - e^{-sT_0})$. Структурная схема такой системы указана на рис. 3.



Рис. 4. Цикл вычисления оптимального периода дискретизации

При замене датчика скорости такой структурой вычисления скорости система теряет устойчивость – появляются незатухающие колебания с возрастающей амплитудой, что связано с величиной периода дискретизации, выступающим временем задержки в звене запаздывания [4]. Известно, что критерием устойчивости модели системы является расположение корней характеристического полинома передаточной функции [5] угла по сигналу управления, которая приведена в [4]. На основании этого критерия можно составить цикл расчета необходимого значения периода дискретизации, при которой система на рис. 3 будет иметь устойчивость.

В случае, когда изменение периода дискретизации невозможно, необходимо увеличивать постоянную времени переходного процесса. Пример цикла для первого случая приведен на рис. 4.

При исходном периоде дискретизации, равном 0,002 с, устойчивость системы достигается при уменьшении периода дискретизации до 0,00115 с, т.е. практически вдвое. При этом если увеличивать постоянную времени переходного процесса, то устойчивостью система начинает обладать только при десятикратном увеличении постоянной времени.

Помимо этого представляет интерес случай, когда период дискретизации системы отличается от номинального, что может быть возможно по ряду технологических и проектировочных ошибок, а также экстремальных режимов работы системы. В этом случае неизбежно смещение настройки системы с оптимума, а в худшем случае – потеря устойчивости и управления. При моделировании дискретной системы это будет выражаться в изменении времени задержки звеньев задержки при неизменных параметрах регуляторов. Для использования уже синтезированной непрерывной функции необходимо каким-либо образом учитывать изменение периода дискретизации. Предложим учитывать данные изменения с помощью изменения постоянной времени интегральной части регуляторов следующим видом:

$$W_{и}(p) = \frac{1}{\frac{T'_0}{T_{0ном}} T_i p} = \frac{T_{0ном} / T'_0}{T_i p}, \text{ где } T'_0 - \text{реальный период дискретизации, } T_{0ном} -$$

«номинальный» период дискретизации, относительно которого рассчитываются номинальные значения регуляторов.

В качестве подтверждения корректности данного преобразования, промоделируем и убедимся в верности подхода. На рис. 5 и 6 изображены схема моделирования и результаты.

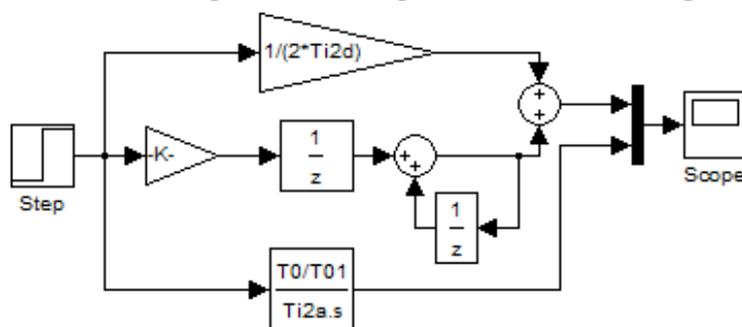


Рис. 5. Схема моделирования скорректированного интегратора

Исходя из рис. 6, можно сделать вывод о корректности такой модели. Вводя эту модель в передаточную функцию угла вала по заданию, можно реализовать цикл, подобный циклу на рис. 4, только в качестве изменения ставить изменение реального периода дискретизации T'_0 для определения его граничного значения. Для исследуемой системы и объекта при номинальном периоде дискретизации 0,001 с граничные значения составляют 0,00065 с и 0,00162 с. При изменении периода возникают нежелательные колебания, увеличивается перерегулирование и время переходного процесса.

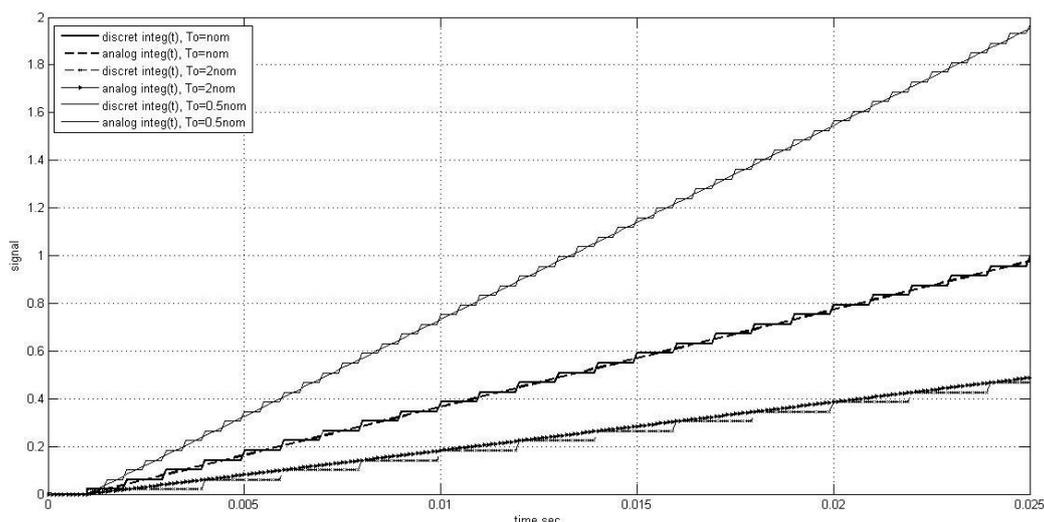


Рис. 6. Сравнение дискретного и аналоговых регуляторов

Литература

1. Борцов Ю.А., Соколовский Г.Г. Автоматизированный электропривод с упругими связями. – СПб.: Энергоатомиздат, 1992. – 288 с.
2. Ильина А.Г. Следящий электропривод системы наведения квантово-оптического комплекса. Автореферат. – СПб., 2010. – 169 с.
3. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. – 3-е изд., испр. – М.: Наука, 1975. – 768 с.
4. Елистратов В.Д. Исследование цифровых систем управления прецизионными электроприводами для объектов с низкими резонансными частотами // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. – 2015. – Т. 1. – С. 164–167.
5. Толмачев В.А. Синтез следящего электропривода оси опорно-поворотного устройства // Изв. вузов. Приборостроение. – 2008. – Т. 51. – № 6. – С. 68–72.



Иванова Дарья Михайловна

Год рождения: 1992

Инженерно-физический факультет, кафедра сенсорики,
группа № 6663

Направление подготовки: 200100 – Приборостроение

e-mail: dariyashostak@gmail.com

УДК 004.932.2

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОЛЕННОГО СУСТАВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Д.М. Иванова

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.О. Казначеева

Магнитно-резонансная томография (МРТ) позволяет визуализировать с высоким разрешением внутренние структуры, что в случае таких заболеваний, как остеоартроз, позволяет оценить геометрические параметры хряща и выполнить количественную оценку тканей, что, в свою очередь, является актуальной задачей для планирования тактики лечения. Сложность количественной оценки заключается в том, что

интенсивность сигнала от любой ткани зависит как от целого комплекса параметров, так и от возраста пациентов, состояния тканей внутренних структур, а также используемого оборудования. Для получения качественной диагностической информации часто требуются дополнительные данные о состоянии хряща, полученные с помощью МР-изображений, использованных для построения трехмерной модели и расчета нагрузок на сустав при различных условиях (сгибание колена, ходьба, бег и т.п.). Для построения модели коленного сустава часто требуется предобработка изображений, такая как сегментация.

Целью работы являлось повышение качества диагностики заболеваний коленных суставов путем автоматической количественной оценки внутренних структур.

Морфометрия – учение о правилах применения количественных характеристик форм объектов. Она включает совокупность приемов и методов определения геометрических характеристик исследуемых объектов. На морфометрии базируется количественная морфология – раздел морфологии, использующий математический анализ изменений формы изучаемых объектов. Целью количественной морфологии является изучение качественных и количественных проявлений патологических процессов. Основные области применения морфометрии – это остеоартроз, болезнь Альцгеймера, рассеянный склероз.

В МР-томографии для оценки различных анатомических структур часто необходимо выполнять дополнительную предобработку изображений. Одним из наиболее распространенных методов анализа является сегментация.

Большинство существующих методов оценки результатов сегментации основаны на сочетании прямой оценки качества сегментированного изображения, сравнении с изображением, полученным путем ручной сегментации, с помощью количественных характеристик, таких как:

1. оценка однородности интенсивности в сегментированных областях;
2. оценка разницы интенсивности между соседними областями;
3. визуальная оценка качества сегментации.

Большинство подходов к сегментации хряща разработаны для узкой области и чаще всего предполагает использование результатов компьютерной томографии. Для решения задачи сегментации хряща необходимо проанализировать измерения интенсивности сигналов от тканей сустава для различных импульсных последовательностей и МР-томографов.

Первым этапом работы был анализ протоков исследования коленных суставов, выполненных на шести разных МРТ с одинаковыми магнитными полями величиной 1,5 Тл. Данные были получены с помощью томографов: МРТ 1 – Genesis Signa (GE), МРТ 2 – Genesis Signa (GE), МРТ 3 – Vantage Titan (Toshiba), МРТ 4 – Brivo MR355 (GE), МРТ 5 – Magnetom Avanto (Siemens), МРТ 6 – Intera (Philips). Анализ показал, что стандартный протокол исследования коленного сустава включает в себя сканирование в трех основных плоскостях (аксиальной, сагиттальной и корональной), с использованием импульсных последовательностей T1 SE, T2* GRE, PD FAT SAT и T2 FSE. Из результатов сравнения видно, что на всех шести аппаратах используется спин-эхо последовательность, на пяти используется PD-FS, а T2* GRE – на четырех.

Данные исследований были получены на трех аппаратах МРТ с величиной магнитного поля 1,5 Тл. Средний возраст пациентов составил 44,8 лет. Были измерены интенсивности сигнала от хряща, мышцы, связок и кости, найдено среднее значение и величина стандартного отклонения, результаты приведены в табл. 1. Для построения модели хряща необходимо обеспечить максимальную контрастность между хрящом и костью, именно поэтому для работы были выбраны последовательности спин-эхо и градиентное эхо.

Таблица 1. Результаты исследования

| Структура | ИП | № аппарата | | |
|-----------|---------|------------|-----------|-----------|
| | | MPT 1 | MPT 2 | MPT 3 |
| хрящ | T1 SE | 332±51,3 | 482±65,9 | 2972 ±102 |
| | T2* GRE | 317±48,1 | 413±45,8 | 7760±220 |
| мышцы | T1 SE | 252±17,6 | 409±53,0 | 2345±151 |
| | T2* GRE | 228±17,9 | 387±40,6 | 7087±160 |
| связки | T1 SE | 372±15,9 | 584±44,7 | 1530±122 |
| | T2* GRE | 282±13,8 | 360±27,9 | 6432±147 |
| кости | T1 SE | 997±103,2 | 1179±72,0 | 10568±156 |
| | T2* GRE | 183±32,7 | 264±24,3 | 2269±99 |

Из таблицы видно, что интенсивность сигнала различается для изображений, полученных на разных томографах. Как уже говорилось выше, на результат оказывают влияние параметры сканирования. Значения интенсивностей МР-сигнала на MPT 1 меньше, чем на MPT 2, также можно сказать, что меньшая интенсивность наблюдается на изображениях T2* GRE. Это связано с зависимостью от параметров сканирования.

Далее проводилась оценка зависимости интенсивности сигнала от временных параметров. В качестве исходных данных использовались ИП T1 FSE и T2 FSE с разными временными характеристиками. Были проанализированы исследования 15 добровольцев со средним возрастом 41,2 лет. Исследования проводились на томографе Toshiba Vantage Titan с полем 1,5 Тл (MPT 3). Результаты измерения интенсивностей МР-сигнала и стандартное отклонение приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты исследования

| Изменяемый параметр | | Интенсивность сигнала |
|---------------------|------|-----------------------|
| TE | TR | |
| 10 | 350 | 2617,3±64,1 |
| 20 | | 1787,8±136,8 |
| 30 | | 1433,7±136,1 |
| 40 | | 1314,5±202,7 |
| 20 | 300 | 2459,5±133,1 |
| | 400 | 2808,3±142,3 |
| | 500 | 3224,4±195,5 |
| | 600 | 3586,4±211,6 |
| 40 | 2000 | 3174,9±975,5 |
| 80 | | 2406,6±460,0 |
| 120 | | 1593,9±308,6 |
| 160 | | 1228,6±89,4 |
| 100 | 2000 | 1804,0±202,5 |
| | 2500 | 1978,6±239,5 |
| | 3000 | 2333,3±275,1 |
| | 3500 | 2649,7±380,2 |

В результате исследований была определена зависимость интенсивности МР-сигнала от временных параметров TE и TR для различных тканей. При использовании ИП FSE с неизменным параметром TR=350 увеличение времени TE приводит к снижению интенсивности сигнала от хряща, что позволяет сделать вывод о сложности обработки T1 ВИ для сегментации хряща. Увеличение времени TR до 2000 мс и использование различных значений времени TE позволяет проанализировать зависимость сигнала от хряща на T2 ВИ, например, в случае импульсной последовательности FSE.

Измеренные значения интенсивности сигнала использовались для разработки алгоритма сегментации хряща, который реализован в пакете MATLAB. Сегментация хряща будет производиться с помощью бинаризации с двойным ограничением по измеренным интенсивностям МР-сигнала. Также будет проведено сравнение сегментации для основных импульсных последовательностей, чтобы выбрать исходные данные.

Описание алгоритма сегментации:

1. считывание файла с данными и определение размера матрицы исходного изображения (изображения T2* GRE и PD Fat Sat получены на аппаратах фирмы GE, а 3D T1 Fat Sat – на Toshiba);
2. установка нижнего порога для исходной матрицы: для изображений T2* GRE – 300; для PD Fat Sat – 350; для 3D T1 Fat Sat – 8000;
3. цикл сегментации изображения с использованием установленного нижнего порога и заданного в цикле верхнего порога: для изображений T2* GRE – 450; для PD Fat Sat – 550; для 3D T1 Fat Sat – 11000;
4. обрезка матрицы (убрать ненужные сегментированные элементы, входящие в диапазон порогов, т.е. оставить область хряща), подсчет точек сегментированных элементов;
5. вывод на экран результатов сегментации.

Апробация алгоритма выполнена для изображений, полученных с помощью импульсных последовательностей 3D T1 Fat Sat, T2* GRE, PD Fat Sat.

Исходя из исходных данных, был реализован алгоритм сегментации хряща коленного сустава в пакете MATLAB, по заданным интенсивностям МР-сигнала. В качестве исходных данных было использовано МР-изображение коленного сустава, полученное с помощью ИП 3D T1 Fat Sat, так как оно обеспечивает наибольшую контрастность между смежными структурами, что облегчает задачу сегментации. На рис. 1 показаны результаты сегментации хряща с помощью разработанного алгоритма.

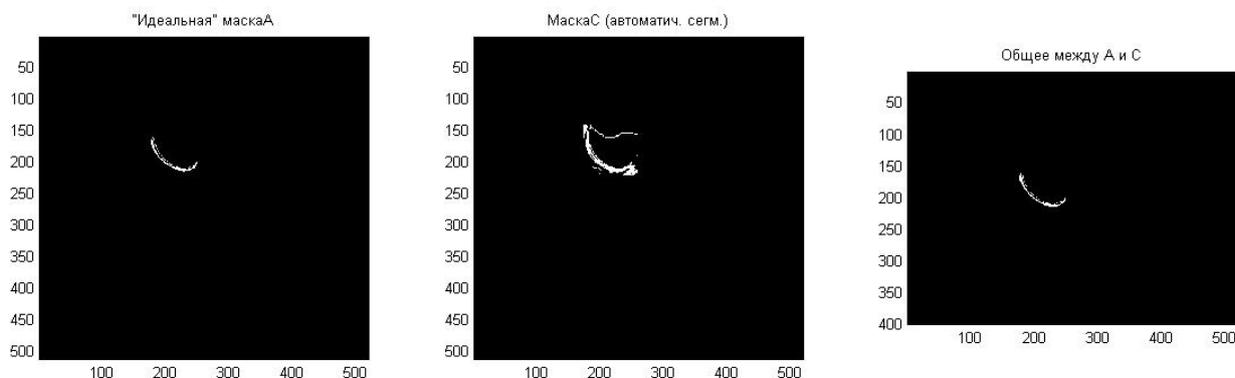


Рис. 1. Результат сегментации изображения

Как видно из результатов сегментации, автоматическая сегментация не дает точных результатов, поэтому конечное изображение получается путем наложения матриц изображений, полученных ручной сегментацией и автоматической.

По данным, полученным в результате сегментации, была построена трехмерная модель хрящевой поверхности коленного сустава (рис. 2).

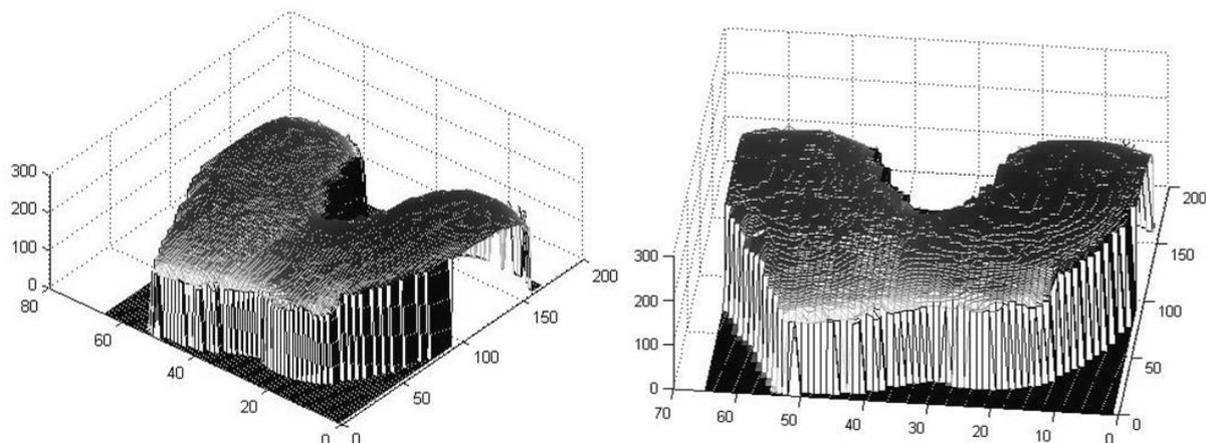


Рис. 2. 3D-модель хрящевой поверхности коленного сустава

Данная 3D-модель может быть использована для оценки состояния поверхности суставного хряща, расчета нагрузок на поверхность хряща коленного сустава, которая может облегчить решение таких задач, как протезирование, планирование операций на сустав и др.

Выводы:

1. проанализированные протоколы исследования коленного сустава включают в себя серии T1 SE, T2* GRE, PD FAT SAT и T2 FSE изображений;
2. анализ существующих методов количественной оценки коленного сустава показал, что наиболее распространенным является сегментация;
3. интенсивность МР-сигнала определяется оборудованием, но для отдельной серии не зависит от положения среза. Для хряща интенсивность сигнала снижается с возрастом. С увеличением TE в 4 раза интенсивность от хряща падает в 2 раза, от костей – в 1,5, от мышц – в 1,8 раза, при увеличении TR в 2 раза интенсивность от хряща увеличивается в 1,5 раза, от костей – в 1,2, от мышц – в 1,3 раза;
4. предложен и реализован алгоритм сегментации хряща, чувствительность которого составила 68%, а избирательность – 99%. По результатам сегментации построена модель коленного сустава.

Литература

1. Меллер Т.Б., Райф Э. Атлас секционной анатомии человека. Т.3. – М: МЕДпресс-информ, 2010. – 344 с.
2. Mosher T.J. et. al. MR imaging and T2 mapping femoral cartilage: in-vivo determination of the magic angle effect // American Journal of Radiology. – 2001. – V. 177. – P. 665–669.
3. Mamisch T.C. et. al. Quantitative T2 mapping of knee cartilage: differentiation of healthy control cartilage and cartilage repair tissue in the knee // Radiology. – 2010. – V. 254. – № 3. – P. 818–826.
4. Морозов С.П., Терновой С.К., Насникова И.Ю. и др. Диагностические возможности и перспективы МРТ коленного сустава: результаты многоцентрового исследования // Медицинская визуализация. – 2010. – № 1. – С. 58–65.
5. Яне Б. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2007. – 584 с.



Козлов Алексей Сергеевич

Год рождения: 1984

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем,
группа № 6159

Направление подготовки: 211000 – Технологии

и инструментальные средства проектирования электронных систем

e-mail: zz.kozlov@gmail.com

УДК 621

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ВСТРАИВАЕМОГО АППАРАТНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

А.С. Козлов

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.Л. Ткалич

Работа выполнена в рамках темы НИР № 610479 «Проектирование и разработка метода создания безопасных информационных и технологических систем».

Основной особенностью технического прогресса в настоящее время заслуженно считается активное развитие рынка встраиваемых систем. В то время как понятие «встраиваемая система» расширяется с каждым годом, и захватывает новейшие области электронных устройств, компонентов, и т.д.

Встраиваемая система (англ. embedded system) – является специализированной компьютерной системой управления (СУ), чья концепция разработки, заключается в работоспособности системы при ее встраиваемости непосредственно в устройство, которым она «управляет» [1].

Понятие «встраиваемая система» означает специфическую систему, которая направлена на решение узкого круга задач, т.е. с точки зрения применимости – не универсальную. Такими «узкими» задачами сначала были органайзеры, калькуляторы, СУ бытовой техникой и т.д. В силу своей специфики такие встраиваемые системы не обладали большой сложностью и вычислительной мощностью. Поэтому средства их проектирования были специфическими, не универсальными и т.д. Но технологическая революция, которая проходит в последние годы, привела к огромному росту рынка встраиваемых систем, особенно заметного после слияния с рынком автомобильной компьютеризации, а также систем и средств коммуникации (в том числе и беспроводных).

В результате современную встраиваемую систему можно представить в виде сложного симбиоза различных аппаратных решений, программных систем, распределенных протоколов взаимодействия и т.д. Например, современные сотовые телефоны фактически выполняют роль мини-компьютера, наделенного всеми необходимыми компонентами.

Для создания современной встраиваемой системы всегда нужен центральный вычислительный узел, который будет связующим узлом для расширения возможности системы.

Благодаря тому, что размещение СУ осуществляется внутри более сложного устройства [2, 3], ключевую роль при разработке будут играть такие факторы, как:

- минимальное собственное энергопотребление (возможность автономного питания);
- минимальные собственные габариты и вес;
- корпус минимален, обеспечение прочности и жесткости конструкции;

- функции отвода тепла или охлаждения обеспечиваются минимальным количеством требований к тепловым режимам;
- совмещение на одном кристалле микропроцессора, системной логики и ключевых микросхем;
- специальные военно-космические требования по радиационной и электромагнитной стойкости, работоспособность в вакууме, гарантированное время наработки, срок доступности решения на рынке и т.д.

Основанием для построения простых встроенных систем часто служат одноплатные, иначе говоря, однокристалльные электронно-вычислительные машины (ЭВМ), которые являются специализированными или универсальными микропроцессорами, ПЛИС. С целью осуществления построения некоторых видов встроенных систем используются микропроцессоры архитектуры ARM. Данные микропроцессоры имеют широкое распространение непосредственного использования или обеспечения большой степени совместимости с морально устаревшими за долгое время выпуска (десятки лет) устройствами и интерфейсами (примером может служить процессоры семейств Intel 8086, 1386, 1486, Pentium и их аналоги; шины ISA и т. п.) по причине малой стоимости разработки конкретного решения.

В настоящее время встраиваемые системы бурно развиваются и проникают на новые рынки сбыта, поэтому их область применения обширна.

Областью применения встроенных систем являются: промышленная автоматизация, измерительная техника и приборостроение, медицина, авиация, наземный транспорт, торговля, индустрия развлечений, телекоммуникации, мобильные и портативные устройства [1–3].

При осуществлении разработки устройства для начала необходимо сформулировать требования, которые предъявляются к устройству, далее анализируются функции, выполняемые модулем. В этом проекте предстоит решить комплекс технических задач:

- обеспечить устройством выполнение заявленных в техническом задании требований;
- обеспечить соответствующее удобство эксплуатации, не пренебрегая техническими параметрами, т.е. без потери функциональности.

Так как эта разработка проводится впервые, и многие решения еще только предстоит отработать, было решено выбрать наиболее технологичное решение, которое заключается в разделении устройства на функциональные блоки, что позволит увеличить ремонтпригодность и упростить этап отладки, а также осуществить параллельную разработку и отладку нескольких вариантов узлов и произвести тестирование каждого из них по-отдельности и в комплексе. В современной практике есть возможность приобретения многих узлов уже в законченном виде, чаще всего это не только удобнее и быстрее, чем осуществлять разработку с «нуля», но и дешевле в силу массовости производства готовых компонентов. Такие компоненты проходят всестороннее тестирование, а присутствие на отечественном и мировом рынке большой номенклатуры позволяет выбрать наиболее подходящий по всем параметрам узел.

Осуществляя выбор технологических решений, необходимо руководствоваться следующими параметрами: взаимозаменяемость, доступность компонентов на рынке, ремонтпригодность, легкость, возможность параллельной отладки.

В данном случае, при разработке модуля для встраиваемых систем, необходимо учитывать, что это устройство должно обеспечивать непрерывную работу при перебоях в электрической сети, а также иметь небольшие размеры [2–4].

Так как модуль предусматривает режим работы совместно с подключенной периферией, то нужно обеспечить соответствующими средствами связи, такими как:

- связь по последовательным интерфейсам RS-232 и RS-245. Этот способ связи предусматривает наличие интерфейсов RS-232 и RS-245 как у модуля, так и у персонального компьютера. В современной компьютерной индустрии эти интерфейсы часто заменяют универсальным USB;
- связь по последовательному интерфейсу USB (Universal Serial Bus, электронно-вычислительной аппаратуры) – последовательный интерфейс передачи данных для среднескоростных и низкоскоростных периферийных устройств в вычислительной технике. Символом USB являются четыре геометрические фигуры: большой круг, малый круг, треугольник и квадрат, расположенные на концах древовидной блок-схемы. USB – распространенная на персональных компьютерах шина для внешних устройств. Сочетает в себе высокую пропускную способность и возможность подключать устройство во время работы, что позволяет не вмешиваться в работу устройства при его стыковке с персональным компьютером;
- связь по сетевому интерфейсу Ethernet 10BASE-T/100BASE-TX/ 1000BASE-T. Этот вид связи позволяет удаленно наблюдать и получать информацию, а также управлять работой анализатора, физически удаленного от места сбора данных. Достаточно подключить и настроить туннелированные соединения через уже существующую сетевую инфраструктуру объекта;
- связь по специализированному аппаратному интерфейсу JTAG (Joint Test Action Group) – название рабочей группы по разработке стандарта IEEE 1149. Позднее это сокращение стало прочно ассоциироваться с разработанным этой группой специализированным аппаратным интерфейсом на базе стандарта IEEE 1149.1. Официальное название стандарта Standard Test Access Port and Boundary-Scan Architecture. Интерфейс предназначен для подключения сложных цифровых микросхем или устройств уровня печатной платы к стандартной аппаратуре тестирования и отладки. На текущий момент интерфейс стал промышленным стандартом. Практически все сложные цифровые микросхемы оснащаются этим интерфейсом для тестирования печатных плат.

По климатическим условиям модуль должен быть выполнен по категории 4.1 и в исполнении УХЛ (умеренный и холодный климат) по ГОСТ 15150-69, температура окружающей среды от +10 до +25°C.

Изделие необходимо изготовить в соответствии с группой М1 (в стационарной аппаратуре и приборах, устанавливаемых на неподвижных объектах, а также в аппаратуре и приборах, не имеющих приспособлений для переноски и требующих применения специальных мер защиты при перевозке) условий эксплуатации согласно ГОСТ 25467-82.

В работе была разработана конструкция программно-аппаратного комплекса для встраиваемых систем. Благодаря грамотно спроектированной топологии печатной платы, удалось получить компактное устройство с большим набором возможностей [4]. Главной особенностью разработки является наличие на кромке печатной платы торцевых контактных площадок, расположенных по периметру печатной платы. В работе проведены следующие расчеты: расчет надежности, расчет вибропрочности, тепловой расчет [2–4]. Данные расчеты показывают, что конструкция программно-аппаратного комплекса соответствует всем необходимым требованиям.

Все вышеперечисленное позволяет сделать вывод о том, что разрабатываемая конструкция программно-аппаратного комплекса для встраиваемых систем отвечает всем требованиям ТЗ и пригодна к эксплуатации.

Разработка и выпуск конструкторской документации осуществлялись с использованием вычислительной техники и систем автоматизированного проектирования KiCAD и КОМПАС v.13.

Литература

1. Козлов А.С. Подходы к процессу вывода информационной системы из эксплуатации с обеспечением частичной доступности созданного информационного обеспечения // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых – 2014. – Вып. 1. – С. 195–196.
2. Козлов А.С. Исследование статике и динамики чувствительных элементов герконов и акселерометров в датчиках и преобразователях // Девятнадцатая Санкт-Петербургская Ассамблея молодых ученых и специалистов. – 2014. – С. 150.
3. Козлов А.С., Лабковская Р.Я., Пирожникова О.И., Коробейников А.Г. Моделирование динамики чувствительных элементов герконов систем управления // Информационные технологии в профессиональной деятельности и научной работе: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2014. – С. 249–255.
4. Козлов А.С., Пирожникова О.И., Лабковская Р.Я. Новые разработки в области герконовой элементной базы // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых. – 2014. – Вып. 1. – С. 201–202.



Кротов Кирилл Антонович

Год рождения: 1992

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра технологии приборостроения, группа № 6657

Направление подготовки: 200100 – Приборостроение

e-mail: kirill.krotov.a@mail.ru

УДК 658.512.22

РАЗРАБОТКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

К.А. Кротов

Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.И. Яблочников

В настоящее время разработаны многочисленные CAD/CAM/CAE-системы для проектирования изделий и моделирования различных процессов. Эти системы нашли широкое применение в области технологической подготовки производства (ТПП), в том числе и производства полимерных изделий литьем под давлением.

Анализ научной литературы, а именно исследователей Е.И. Яблочникова, А.Б. Пелипенко, И.А. Барвинского показал, что данные системы и этапы проектирования, в них выполняемые, требуют постоянного изучения для повышения качества производимых изделий и сокращения времени проектирования.

Разработанная методика ТПП полимерных изделий позволяет выполнять необходимые этапы проектирования в CAD/CAM/CAE-системах параллельно, что приводит к значительному сокращению времени проектирования.

Цикл процесса изготовления изделий на термопластавтомате относительно короткий, обычно он занимает от 2 с до 2 мин, и проходит в четыре этапа:

1. смыкание. До впрыска материала в литьевую форму, две формообразующие плиты должны быть надежно прижаты друг к другу зажимным устройством;

2. впрыск. Полимерный материал, обычно в виде гранул, загружается в бункер, затем опускается в шнек, где расплавляется и перемешивается под действием тепла и давления, после чего впрыскивается в полость;
3. охлаждение. Расплавленный материал между формообразующими начинает застывать в момент касания с внутренними поверхностями плит;
4. извлечение. После того, как все этапы были пройдены, охлажденная отливка может быть извлечена из формы с помощью системы толкателей.

Сами процессы проектирования литьевой формы в CAD/CAM-системах разделен на этапы исходя из производственной практики:

- получение исходных данных;
- создание моделей отливки;
- определение формообразующих, в том числе и формообразующих знаков;
- проектирование оснастки второго порядка;
- разработка чертежей и другой документации;
- разработка управляющих программ.

Задачами для исследования в CAE-системах при ТПП полимерных изделий методом литья под давлением являются:

- исследование и оптимизация конструкции изделия;
- исследование влияние и оптимизация конструкции литниковой системы на качество получаемого изделия;
- исследование влияние и оптимизация конструкции системы охлаждения на качество получаемого изделия;
- выявление возможных дефектов в отливке;
- оптимизация технологических параметров процесса литья.

Используемые для решения технологических задач в CAD/CAM-системе CimatronE и CAE-системе Moldex3D специализированные модули максимально эффективно обеспечивают качество выполняемой работы на этапах проектирования, так как весь процесс максимально автоматизирован и не требует продолжительной работы проектировщика. Предпосылкой разработки методики послужила необходимость уменьшения затрат на производство оснастки для производства полимерных изделий и повышения качества получаемых изделий, а также сокращения натуральных испытаний.

Использование этих систем позволяет:

- увеличение производительности проектировщика;
- повышение качества проектирования;
- быстрое построение 2D-моделей;
- создание базы данных часто используемых компонентов;
- спрогнозировать появление дефектов в отливки;
- оптимизировать технологические параметры термопластавтомата.

Преимущества использования CAD/CAM-системы CimatronE заключается в наличие специализированных модулей для решения технологических задач на всех этапах ТПП полимерных изделий. Преимущества использования CAE-системы Moldex3D заключается в наличие специализированных модулей для анализа литьевого процесса с возможностью разработки рекомендаций к конструкции оснастки и технологическим параметрам термопластавтомата.

Выполнение параллельного проектирования в этих системах позволяет анализировать результаты конструирования изделия и оснастки после каждого этапа ТПП. Это достоинство позволяет вносить необходимые изменения, связанные с конструкцией изделия, системой охлаждения, литниковой системой сразу же после окончания данного этапа, что сокращает общее время проектирования.

Основной **целью работы** являлись исследования возможностей автоматизации этапов ТПП за счет интеграции CAD/CAM/CAE-систем и оптимизации методики проектирования.

Существуют более ранние методики проектирования литьевых форм, где анализ изделия происходит уже на готовой отливке, или же, анализ литьевого процесса выполняется после конструирования всей литьевой формы, что значительно увеличивает время проектирования и финансовые затраты на изготовление литьевой формы.

Для каждой из систем необходимы исходные данные. Исходные данные могут быть в виде: чертежа; 3D-модели; данных, представленных в формате stl и реального образца. В последнем варианте, перед выполнением работ на персональном компьютере, требуется сканирование образца. После обработки исходных данных осуществляется переход к проектированию литьевой формы.

Проектирование литьевой формы в системе CimatronE происходит с использованием следующих модулей:

- QuickSplit. Данный модуль позволяет быстро, просто и надежно назначить направление разъема и определить наличие поднутрений. В случае обнаружения поднутрений или вертикальных стенок система окрашивает их в желтый цвет. Таким образом, проектировщику не нужно тратить время на ручной поиск, система Cimatron E выполнит поиск автоматически. Построение поверхности разъема также осуществляется с помощью модуля QuickSplit;
- MoldDesign. Модуль для проектирования формопакета. В этом модуле идет выбор конструкции литьевой формы, осуществляется работа с каталогами стандартных изделий, устанавливаются стандартные компоненты для системы охлаждения и системы крепления;
- MoldQuote. Модуль для калькуляции стоимости изготовления литьевой формы. Расходы, относящиеся к изготовлению литьевой формы, разделены на плиты, компоненты, общие расходы, стандартные изделия, электроды, изготовление пробной партии. Результатом выполненных работ по калькуляции являются готовые отчеты по стоимости изготовления формопакета;
- NC. Модуль для разработки управляющих программ. В этом модуле выбирается/строится инструмент, определяются поверхности для обработки, выбирается способ обработки, осуществляется верификация.

Проведение моделирования в системе Moldex3D выполняется по построенной конечно-элементной сетке.

Перед моделированием литьевого процесса необходимо выбрать материал, задать атрибуты модели (литниковая система, формообразующие, система охлаждения, отливка), задать технологический режим литья. После этого выбирается вид анализа для прогнозирования дефектов на различных этапах литьевого процесса. Также для оптимизации того или иного свойства отливки, система Moldex3D содержит специализированный модуль Moldex3D Expert, который автоматически регулирует технологические параметры литья для достижения заданным показателем определенного значения. Таким образом, можно в несколько итераций добиться желаемого качества отливки с уже заданными свойствами.

После проведения моделирования производится документирование результатов. В зависимости от желания пользователя, система Moldex3D может автоматически создать электронный отчет с необходимой информацией по процессу литья.

Результатом работы является составление методик по осуществлению ТПП полимерных изделий методом инъекционного литья. Все исследования были направлены на поиск возможностей по повышению качества и уменьшению затрачиваемого времени на выполнение каждого этапа ТПП. При этом были

исследованы функций современных CAD/CAM/CAE-систем, таких как трехмерное моделирование, оптимизация геометрии, проведение моделирования процессов литья, на возможность обеспечить наилучшее качество будущих изделий, продвижение и укрепление позиций российских предприятий на мировом рынке.

В ходе работы были решены задачи:

- исследован метод изготовления полимерных изделий инъекционным литьем;
- исследованы процессы ТПП изделий из полимерных материалов методом инъекционного литья;
- исследованы возможности системы Cimatron E, включающие модули для решения специализированных задач ТПП;
- исследованы возможности системы Moldex3D, включающие модули для анализа процессов заполнения, выдержки, охлаждения, коробления с учетом имеющихся данных, а также модули по оптимизации геометрии и технологических параметров литья;
- разработана методика по проектированию литьевой формы с использованием CAD/CAM-системы Cimatron E и CAE-системы Moldex3D;
- предложена методика по параллельному использованию систем Cimatron E и Moldex3D при проектировании оснастки;
- выявлены задачи, требующие дальнейших исследований, – исследования геометрии литников, режимов литья, видов анализов и другие.

Литература

1. Яблочников Е.И. Автоматизация технологической подготовки производства. Учебное пособие. – СПб.: СПбГИТМО (ТУ), 2002. – 92 с.
2. Яблочников Е.И., Куликов Д.Д., Молочник В.И. Моделирование приборов, систем и процессов. Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 180 с.
3. Барвинский И.А., Барвинская И.Е. Компьютерный анализ литья пластмасс: принципы эффективности // CADmaster. – 2011. – № 5. – С. 56–60.
4. Шебашев О.С. Компьютерно-интегрированная технологическая подготовка производства, CAD/CAM, Cimatron E 5.10, моделирование фрезерной обработки, FIKUS WIREED&LATHE, моделирование токарной обработки, управляющая программа.



Лузгина Екатерина Владимировна

Год рождения: 1992

Факультет пищевых биотехнологий и инженерии,
кафедра прикладной биотехнологии, группа № иб365

Направление подготовки: 260200 – Продукты питания животного происхождения

e-mail: katerina.luz@mail.ru

УДК 637.146.3

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНЦЕНТРАТА МЯКОТИ АРБУЗА

Е.В. Лузгина

Научный руководитель – к.т.н., доцент Т.Н. Евстигнеева

В настоящее время в молочной промышленности одним из важнейших направлений расширения ассортимента продукции является включение в состав продуктов компонентов, обладающих функциональными свойствами. В этой связи

несомненный интерес представляет проведение профилактики нарушений гомеостаза человека за счет потребления специализированных продуктов питания. При использовании нескольких функциональных ингредиентов следует максимально учитывать их сочетаемость, а именно: возможность химического взаимодействия обогащающих добавок между собой и с компонентами обогащаемого продукта, а также их биоусвояемость при попадании в пищеварительный тракт. Необходимо выбирать рациональные формы, способы и стадии внесения функционального ингредиента в продукт в целях обеспечения максимальной сохранности в процессе производства и при последующем хранении готового продукта.

В последнее время возрос интерес к природным антиоксидантам и их применению в пищевой промышленности. Помимо обеспечения максимальной сохранности производимого продукта они также служат антиоксидантным щитом человеческого организма. На данный момент достигнуты значительные успехи в исследовании структуры многих сложных природных соединений растительного происхождения [1].

В данной работе проводились исследования по возможному использованию мякоти арбуза в качестве источника растительных антиоксидантов для обогащения кисломолочных продуктов.

Арбуз содержит в своем составе природный антиоксидант ликопин. Ликопин помогает нормализовать холестериновый обмен, активизирует процесс пищеварения, является мощным антиоксидантом, способен уничтожить свободные радикалы – такие реактивные молекулы, разрушающие мембраны клеток, нападающие на ДНК, и вызывают различные заболевания. Ликопин нормализует аппетит, подавляет болезнетворную кишечную микрофлору, предотвращает развитие атеросклероза, содержит в норме кислотно-щелочное равновесие, способствует снижению веса. Имеет антибактериальные и противогрибковые свойства, укрепляет стенки сосудов и капилляров. Как профилактическое средство против различных расстройств печени, сердечно-сосудистых заболеваний, рака [2].

Целью работы являлась разработка рецептуры и технологии кисломолочных продуктов с концентратом мякоти арбуза.

Для осуществления поставленной цели исследования предполагалось решить следующие задачи:

1. разработать способ получения концентрата мякоти арбуза (КМА);
2. на основании изучения антиоксидантной активности и микробиологических показателей концентрата мякоти арбуза, полученного в диапазоне температур от 60 до 130°C, выбрать рациональный режим подготовки наполнителя;
3. определить оптимальную массовую долю сухих веществ КМА, его дозу и способ внесения с целью его применения в качестве источника растительных антиоксидантов при производстве кисломолочных продуктов;
4. отработать технологические параметры процесса производства кисломолочного напитка и творожного продукта с концентратом мякоти арбуза;
5. изучить влияние добавки на потребительские свойства продуктов;
6. изучить влияние КМА на хранимоспособность продуктов;
7. разработать проект технической документации на кисломолочные продукты с КМА.

На первом этапе исследований отработывали способ подготовки мякоти арбуза. С целью получения сырья среднего состава были использованы спелые арбузы, приобретенные в различных торговых сетях.

Первоначально мякоть арбуза протирали сквозь металлическое сито, при этом на нем оставалось значительное количество волокон. Данный способ подготовки мякоти был признан нерациональным. По второму методу мякоть измельчали на бытовом блендере до получения однородной кашеобразной массы.

Поскольку массовая доля сухих веществ в мякоти арбуза невысока и составляет в среднем 8–10%, было предложено использовать ее в концентрированном виде. Сгущение проводили на воздушном стерилизаторе HS 61 в диапазоне температур 60–130°C. На данном этапе было установлено, что оптимальной минимальной температурой сгущения, при которой микробиологические показатели соответствуют нормативной документации, является температура 80°C. Был проведен сравнительный анализ концентратов с различной массовой долей сухих веществ, табл. 1.

Таблица 1. Органолептические и физико-химические показатели КМА с различной массовой долей сухих веществ

| Наименование показателя | Характеристика | | |
|---|---|---|--|
| | Массовая доля сухих веществ в КМА, % | | |
| | 11 | 37 | 52 |
| Вкус | Свойственный арбузу | Свойственный арбузу, более сладкий | Сладкий |
| Аромат | Свойственный арбузу, приятный, выраженный | Свойственный арбузу, приятный, менее выраженный | Несвойственный арбузу, медовый |
| Консистенция | Однородная пастообразная | Однородная пастообразная, более густая | Пастообразная, излишне густая |
| Цвет | Красный | Бордовый | Темно-бордовый с коричневатым оттенком |
| рН | 5,40 | 5,49 | 5,51 |
| Антиоксидантная активность, мкг/мл аскорбиновой кислоты | 20 | 90 | 163 |

Отмечено, что увеличение массовой доли сухих веществ в концентрате мякоти арбуза сопровождается повышением его антиоксидантной активности.

При изучении синергетических свойств кисломолочных напитков с КМА было выявлено, что вносить концентрат с массовой долей сухих веществ 11% нецелесообразно, так как консистенция продукта становилась излишне жидкой и влагоудерживающая способность уменьшалась. Концентраты с массовой долей сухих веществ 37 и 52% наоборот способствовали повышению влагоудерживающей способности продукта.

Установлены оптимальные дозы внесения наполнителя при производстве кисломолочных продуктов с КМА: для йогурта рекомендовано вносить концентрат с массовой долей сухих веществ (м.д. СВ) 37% в количестве до 10%, с м.д. СВ 52% – до 7%. Для творожного продукта рекомендовано внесение КМА с м.д. СВ 52% в количестве 16%, а также сахара-песка 12%.

Было изучено влияние этапа введения КМА в состав кисломолочного напитка на физико-химические показатели готового продукта. Рассматривалось два возможных варианта ведения технологического процесса. Первый способ предусматривал добавление КМА в пастеризованную смесь, охлажденную до температуры заквашивания, после внесения закваски. По второму способу наполнитель предлагалось вносить в сквашенную смесь [3].

По истечении суток проводили сравнительную оценку образцов по органолептическим показателям, условной вязкости, титруемой кислотности, рН, табл. 2.

Таблица 2. Изучение влияния этапа введения КМА в состав кисломолочного напитка на физико-химические показатели готового продукта

| № п/п | Характеристика образца | Титруемая кислотность, °Т | рН | Условная вязкость, с |
|-------|---|---------------------------|-----------|----------------------|
| 1 | Образец с внесением КМА при заквашивании | 98±1 | 4,21±0,01 | 194±3 |
| 2 | Образец с внесением КМА после сквашивания | 86±1 | 4,33±0,01 | 116±2 |
| 3 | Контроль | 77±1 | 4,41±0,01 | 150±3 |

Как видно из табл. 2, введение КМА одновременно с закваской способствовало нарастанию титруемой кислотности, так как арбуз богат витаминами и углеводами – веществами для питания и развития микроорганизмов. Пищевые волокна принимали участие в процессе формирования сгустка, как следствие, условная вязкость образца № 1 выше по сравнению с контролем. Также органолептические показатели образца с введением КМА при заквашивании отличались насыщенностью вкуса и аромата.

Образцы йогурта и творожного продукта с КМА были заложены на хранение при температуре 0–4°С. В ходе хранения определяли органолептические показатели образцов, титруемую кислотность, просматривали микробиологический препарат. На данном этапе было отмечено, что КМА способствует замедлению процессов порчи в кисломолочных продуктах.

В результате проведенных исследований были сформулированы следующие выводы:

1. предложено использовать концентрат мякоти арбуза при производстве кисломолочных напитков в качестве источника природных антиоксидантов;
2. выбран способ подготовки наполнителя: измельчение мякоти арбуза и последующее ее сгущение до массовой доли сухих веществ 35–60%;
3. установлено, что температурный режим сгущения мякоти арбуза 80°С является достаточным для получения КМА с требуемыми микробиологическими показателями;
4. отмечено, что температура сгущения мякоти арбуза в диапазоне от 60 до 130°С не оказывает заметного влияния на антиоксидантную активность КМА, а также его органолептические характеристики;
5. установлено, что повышение массовой доли сухих веществ в КМА в процессе сгущения сопровождается увеличением его антиоксидантной активности, в то же время аромат наполнителя становится менее выраженным;
6. по результатам органолептической оценки образцов кисломолочных напитков с наполнителем рекомендовано вносить КМА с массовой долей сухих веществ 35–37% в количестве до 10%, с массовой долей сухих веществ 58–60% – до 7%;
7. применение КМА с низкой массовой долей сухих веществ при производстве кисломолочных напитков нецелесообразно, так как приводит к увеличению синергических свойств сгустков;
8. отмечено, что при производстве творожных продуктов с КМА оптимальная доза внесения наполнителя, которая не отражается негативно на консистенции продукта, составляет 16%;
9. введение КМА в йогурт при заквашивании ускоряет процесс сквашивания, улучшает влагоудерживающие свойства продукта, увеличивает интенсивность вкуса и аромата йогурта;

10. установлено, что введение в состав кисломолочных продуктов КМА увеличивает их хранимоспособность.

Литература

1. Белодедова А.С. Пищевые и биологически активные добавки. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2007. – 114 с.
2. Крылов И.А., Утешев Д.Б. Ликопин – перспективы клинического применения // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 2002. – Т. 65. – № 2. – С. 76–78.
3. Бросалин С.Б., Евстигнеева Т.Н., Лузгина Е.В. Выбор рационального способа введения в состав кисломолочного напитка концентрата мякоти арбуза // Наука и образование в жизни современного общества. Сб. научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. – 2013. – Ч. 14. – С. 29–32.



Тимофеева Ольга Сергеевна

Год рождения: 1980

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра технологии приборостроения, группа № 6658

Направление подготовки: 200100 – Управление жизненным
циклом приборов и систем

e-mail: olga2957869@mail.ru

УДК 681.7.022.2

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЬЕВЫХ ФОРМ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

О.С. Тимофеева

Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.И. Яблочников

Работа выполнена в рамках темы НИР № 610450 «Научные основы организации интегрированных производств на приборостроительных предприятиях».

Литье под давлением полимерных материалов – одна из самых распространенных технологий переработки пластмасс, с помощью которой, по единой литьевой форме можно изготовить большую партию изделий сложной конфигурации высокой точности за весьма короткое время. Стоимость формообразующей оснастки для литья таких изделий очень высока, поэтому считается выгодным применять данный способ производства полимерных изделий при массовом типе производства.

В современных рыночных условиях, для поддержания конкурентоспособности, предприятиям, ориентированным на данную технологию, необходимо постоянно совершенствовать конструкцию выпускаемых изделий, стремясь сделать ее более удобной в использовании и внешне привлекательной для конечного пользователя. Эксклюзивные партии изделий могут иметь у потребителя гораздо больший спрос, поэтому из важнейших экономических показателей, характеризующих технологию литья под давлением, на первый план выходит не максимальное количество изделий, которые можно изготовить по неизменной литьевой форме, а скорость перехода с ограниченной партии одного типа выпускаемого изделия на другой. Таким образом, необходимо переходить к

мелкосерийному типу производства, сохраняя все преимущества этого метода переработки пластмасс.

Проектирование и изготовление литьевой формы – сложный, длительный и дорогостоящий процесс, сокращение продолжительности и стоимости которого, в современных условиях, является необходимым условием конкурентоспособности предприятия. Этот процесс требует привлечения высококвалифицированных специалистов, использования современного оборудования, программного обеспечения и возможности применения эффективных новых технологий. В связи с отсутствием или несовершенством какого-либо из перечисленных факторов, часто становится выгодным заказывать формообразующую оснастку за рубежом. Современные предприятия, специализирующиеся на производстве литьевых форм отмечают, что сроки проектирования и изготовления могут составлять до 12 недель [1]. Поэтому актуальной задачей является исследование основных этапов технологической подготовки производства и выявление возможных путей сокращения их продолжительности.

В условиях мелкосерийного производства на всех этапах подготовки производства целесообразно применять методы и принципы групповой технологии, сформулированные профессором С.П. Митрофановым [2].

На этапе проектирования конструкции удобно использовать переналаживаемые литьевые формы, собранные из стандартных деталей, и разрабатывать конструкцию и изготавливать только формообразующие вставки. Конструкция такой формы была разработана в Университете ИТМО, на кафедре ТПС в рамках выполнения пилотного проекта «Технологии проектирования и производства оптических изделий из термопластичных полимерных материалов» и взята за основу при проведении данного исследования [3].

В работе был проведен анализ материалов, используемых для изготовления формообразующих деталей, и установлено, что при изготовлении малых серий изделий возможным становится использование для их производства полимерных материалов. В качестве технологий изготовления могут быть выбраны как традиционное фрезерование на станках с числовым программным управлением (ЧПУ) (плиты из модельного полимерного материала Obomodulan), так и прогрессивные аддитивные технологии, например, SLS (Selective Laser Sintering) – получение спеканием изделий из порошкообразных материалов (порошковые композиции на основе полиамида 12) и SLA (Stereolithography) – послойное выращивание изделия, путем отверждения фотополимера лучом лазера (например, новый нанокompозитный полимерный материал Bluestone).

Одной из задач данной работы было проведение экспериментальных исследований по изготовлению комплекта формообразующих деталей из полимерного материала. В качестве партнера была выбрана компания 3DSystems (Германия), которая является разработчиком нанокompозитного полимерного материала Bluestone. Комплект формообразующих деталей для изготовления изделия «Линза плосковогнутая» был изготовлен 3DSystems и передан на кафедру ТПС для проведения исследований. Точность печати (явное наличие слоев полимера на рабочих поверхностях формообразующих деталей), а также физические явления, происходящие при отверждении расплавленного полимера (отсутствие плоскостности контактирующих поверхностей матрицы и пуансона) не позволяют сразу собрать комплект и установить его в переналаживаемую литьевую форму. Необходима его доработка на станках с ЧПУ в соответствии с рекомендациями разработчика, что и было выполнено на оборудовании базовой кафедры ИСТПП, расположенной на территории ПАО «Техприбор». Формообразующие детали из данного материала обрабатывались впервые в нашей

стране. Термообработка позволяет многократно увеличить термостойкость таких формообразующих.

При рассмотрении задания на изготовление нового полимерного изделия необходимо выбрать готовую переналаживаемую литьевую форму из перечня существующих конструкций, используя методику процесса адресации изделия к группе. Такая методика была разработана при выполнении данной работы. Группа деталей определяется совокупностью параметров системы «термопластавтомат – переналаживаемая литьевая форма – формообразующая деталь». При невозможности отнесения изделия к группе необходимо рассмотреть возможность проектирования и изготовления новой переналаживаемой формы.

На этапе адресации нового изделия к группе целесообразно использовать современные эффективные механизмы САД- и САЕ-систем, например, САД/CAM Cimatron E и САЕ Moldex3D. Одним из условий изготовления качественного полимерного изделия методом литья под давлением является его равнотолщинность, быстро оценить которую позволяет инструмент САД/CAM Cimatron E «Анализ толщины стенки».

Предварительный анализ максимально возможной толщины изделия при литье в формообразующие детали из различных материалов с использованием САЕ-систем также позволяет повысить точность процесса адресации [4].

После принятия решения о принадлежности изделия к группе необходимо разработать конструкцию комплекта формообразующих деталей (матрицы, пуансона и, при необходимости, формообразующих знаков).

Для каждого варианта переналаживаемой литьевой формы следует создать базовую (комплексную) модель формообразующей детали с учетом возможных конструктивных ограничений (габаритные размеры и положение толкателей). Для рассматриваемой в данной работе переналаживаемой литьевой формы в САД/CAM Cimatron E была построена такая базовая конструкция с возможностью выбора варианта расположения отверстий под толкатели и изменения геометрии разводящего литника, прибылей и воздухопроводов. Использование спроектированной базовой модели позволяет сократить время проектирования рабочего варианта конструкции. Необходимо построить только отверстия под формообразующие знаки требуемой конфигурации и, в зависимости от геометрии полимерного изделия (его толщины около впускного литника), создать впускные литники.

Анализ функционального назначения поверхностей формообразующих деталей позволил объединить поверхности в наборы, соответствующие их функциональному назначению [5]. Эти наборы созданы еще в базовой конструкции и сохраняются при ее использовании в качестве основы для рабочей. Построенные в модели отверстия под формообразующие знаки необходимо объединить в соответствующий набор поверхностей «Отверстия под формообразующие знаки», а поверхности впускных и выпускных литников добавить к уже созданным наборам «Разводящий и впускные литники» и «Прибыли» соответственно.

Созданную таким образом модель формообразующей детали можно загружать в ЧПУ модуль САД/CAM Cimatron E и быстро получать управляющую программу ее изготовления.

Разработка процедуры обработки в САМ-системе подразумевает последовательное выполнение следующих этапов: выбор стратегии обработки, выбор режущего инструмента и определение режимов резания, и указание обрабатываемой на данной процедуре поверхности. Указывать обрабатываемую поверхность можно как «вручную», так и «по критерию». Критериями выбора могут быть цвет поверхности, ее форма, а также название набора. Такие процедуры, с критериальным выбором

обрабатываемых поверхностей, в CAD/CAM Cimatron E можно сохранять как шаблоны. Последовательное создание таких критериальных процедур позволяет сохранить шаблон всей последовательности обработки, что соответствует созданию группового технологического процесса.

Создание в модели формообразующей детали наборов поверхностей соответствующего функционального назначения позволяет разработать для такого типа деталей технологический шаблон обработки, что и было сделано в рамках данной работы.

В шаблонных процедурах изменяется только обрабатываемая поверхность (в соответствии с входящими в наборы поверхностями), а инструмент и режимы обработки остаются неизменными. Поэтому возможно разработать технологические шаблоны с определенными стратегиями и режимами для обработки различных материалов, которые используются при изготовлении формообразующих деталей. Применение таких шаблонов позволит значительно сократить время создания управляющих программ.

При переходе на изготовление формообразующих деталей из полимерных материалов сокращается время изготовления за счет применения более производительных режимов резания при выборе технологии фрезерования и сокращается трудоемкость изготовления при использовании аддитивных технологий.

Разработанные методики адресации нового изделия к группе, создания рабочей конструкции формообразующих деталей на основе базовой, быстрой подготовки управляющих программ их изготовления позволяют сократить сроки технологической подготовки производства в 3–5 раз.

Дальнейшим развитием может быть уточнение применимости различных технологий и материалов формообразующих деталей в зависимости от размера партии; более подробное изучение процесса адресации с выработкой точных критериев принадлежности детали к группе с анализом используемых материалов формообразующих деталей, материала изделия, режимов литья; изучение возможных конструктивных особенностей применяемых формообразующих деталей, изготовленных из полимерных материалов, а также экспериментальное определение трудоемкости их изготовления и стойкости при использовании для литья различных полимерных материалов.

Литература

1. Аюпова Р.И., Пелипенко А.Б. Современное состояние и тенденции развития отечественной инструментальной промышленности // САПР и графика. – 2013. – № 12. – С. 30–32.
2. Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства. В 2-х т. Т.1. Организация группового производства. – Л.: Машиностроение, 1983. – 407 с.
3. Яблочников Е.И., Пирогов А.В., Васильков С.Д. и др. Принципы проектирования литьевых форм для производства пилотных серий деталей оптических приборов из термопластичных полимерных материалов // «Современное машиностроение. Наука и образование»: материалы 3-й Международной научно-практической конференции. – 2013. – С. 409–417.
4. Пирогов А.В. Разработка и моделирование процессов технологической подготовки производства изделий из полимерных оптических материалов: диссерт. канд. техн. наук. – 05.11.14. – СПб.: НИУ ИТМО, 2014. – 175 с.
5. Казмер Д.О. Разработка и конструирование литьевых форм / Пер. с англ. под ред. В.Г. Дувидзона. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2011. – 464 с.



Фатхриев Валерий Рамилевич

Год рождения 1987

Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра технологии приборостроения, группа № 6658

Направление подготовки: 200100 – Управление жизненным циклом приборов и систем

e-mail: Valery-f1@yandex.ru

УДК 65.011.56

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ
CAD/CAE-СИСТЕМ**

В.Р. Фатхриев

Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.И. Яблочников

Прибор представляет собой сложное изделие, состоящее из различных компонентов, например, корпуса, электрических плат, микросхем и пр. В настоящее время многие предприятия, применяя для разработки устаревшие системы автоматизированного проектирования, сталкиваются с такими проблемами, как обеспечение доступа к данным для всех участников проекта, интеграция различных систем проектирования, организация совместной работы. В связи с этим для разработки приборов необходимо привлечение специалистов различных направлений и отделов. При этом особенно актуальным становится вопрос организации взаимодействия этих специалистов, поскольку результаты их работы взаимосвязаны. Для обеспечения взаимодействия необходимо использование современных CAD/CAE (Computer Aided Design/Computer Aided Engineering)-систем для виртуального моделирования и инженерного анализа, а также PDM (Product Data Management)-системы для управления данными. Также необходимы подробные инструкции по работе в данных системах.

Специфика создания изделий приборостроения (приборов или приборных комплексов) заключается в том, что показатели их качества, в первую очередь показатели точности, технологичности и надежности, в существенной степени зависят от выполнения определенных методов, правил и принципов конструкторской подготовки (КП) и технологической подготовки производства (ТПП). По сравнению с другими эти этапы являются более ресурсоемкими – требуют больших временных затрат, высококвалифицированного труда, затрат на оборудование. Основные проблемы, возникающие у российских производителей на вышеназванных этапах, это: во-первых, неэффективная структурная организация предприятий приборостроения, а во-вторых, низкий уровень информатизации и автоматизации конструкторско-технологического проектирования, приводят к значительному увеличению сроков проектирования и изготовления средств технологического оснащения, неоправданному увеличению затрат ресурсов предприятия, а также невысокому качеству изделий, уступающих лучшим мировым образцам.

Совокупное действие указанных факторов приводит к крайне низкой производительности на начальных этапах производственно-технологического процесса и сдерживает общий рост эффективности функционирования приборостроительного предприятия. Время «жизни» изделия в большинстве случаев оказывается сопоставимым со временем, затрачиваемым на его проектирование и подготовку производства, что приводит к тому, что изделие фактически устаревает уже к моменту его запуска в серийное производство.

Сегодня уже стало очевидным, что повышение эффективности деятельности приборостроительного предприятия и создание конкурентоспособной продукции приборостроения невозможно без применения современных компьютерных технологий проектирования и ТПП, которые реализуются в рамках систем автоматизированного проектирования (САПР), позволяющих использовать такой мощный инструментарий как параллельный инжиниринг, параметрическое моделирование, визуализация процессов, управление проектами и структурой изделия, и так называемое сквозное проектирование.

Организация современного приборостроительного производства, ориентированного на непрерывный инновационный процесс, вместо привычного последовательного прохождения жизненного цикла изделий по фазам фундаментальные исследования – прикладные НИР – опытно-конструкторские разработки – опытно-технологические разработки – запуск производства (единичного, серийного или массового в зависимости от потребностей рынка) предполагает совмещение всех этих стадий, вследствие чего производственный процесс из последовательного трансформируется в параллельно-последовательный, а производство становится сферой реализации научных достижений [1].

В связи с этим актуальным направлением совершенствования приборостроительного производства является пересмотр ряда производственных процессов, обеспечивающих КП и ТПП. При этом особенно актуальным становится вопрос организации взаимодействия специалистов смежных отделов, особенно если результаты их работы взаимосвязаны. Для обеспечения взаимодействия необходимо использование современных САД/САЕ-систем для виртуального моделирования и инженерного анализа, а также PDM-системы для управления данными. Также необходимы подробные инструкции по работе в данных системах, поскольку без продуманной методики эффективность применения современных систем автоматизированного проектирования (САП) может быть крайне низкой.

В качестве основных проблем, возникающих на этапах КП и ТПП, можно выделить следующие:

- отсутствие возможности отслеживания выполнения требований к изделию;
- отсутствие единого источника информации, позволяющего сотрудникам иметь доступ к последней версии документов;
- сложность внесения изменений в изделие;
- отсутствие возможности параллельной работы – сотрудникам приходится дожидаться окончания предыдущего этапа и только после этого приступать к своей части работы;
- отсутствие механизмов совместной работы над изделием.

Все эти факторы способствуют снижению производственных показателей. В настоящей работе предлагалась разработка методики совместной работы специалистов различных отделов при разработке приборов в современной САД/САЕ-системе.

Необходимо рассматривать процесс разработки приборов как единый взаимосвязанный процесс (рисунок), в котором каждая из составляющих дополняет и определяет другую. Для того чтобы обеспечить интеграцию и автоматизацию этого процесса, включающего в себя такие этапы, как концептуальная стадия, конструкторская подготовка, инженерный анализ, технологическая подготовка, производство и эксплуатация, необходимо применение специализированного программного комплекса. Такой комплекс состоит из специализированных программных решений – систем класса САД/CAM/CAE, объединенных средой управления проектными данными, реализуемой PDM-системой [2].



Рисунок. Подход к разработке приборов

В работе рассмотрены основные этапы разработки приборов с целью исследования возможности оптимизации типовых процессов, а также процесса совместной работы специалистов различных отделов. Исследование процессов будет производиться на модели изделия, содержащего все типовые конструктивные элементы, характерные для приборостроения.

Разработка прибора начинается с описания требований на основе технического задания. Требования могут быть количественными, например, «масса прибора не должна превышать 0,5 кг», и качественными, например, «кнопки лицевой панели прибора должны быть окрашены в контрастные цвета».

После этапа описания требований необходимо составить функциональную схему прибора, т.е. описать данные, подающиеся на вход прибора, получаемые на выходе прибора, а также передающиеся внутри прибора.

После составления функциональной схемы необходимо определить компоненты, выполняющие описанные функции, и, таким образом, получить логическую схему прибора, элементы которой имеют связь с функциональной схемой.

После утверждения списка компонентов необходимо выполнить 3D-моделирование компонентов. Типовой прибор состоит из корпуса, печатных плат, отображающего устройства и других компонентов, которые не будут рассматриваться в данной работе. В данной работе рассмотрим процесс проектирования планшетного компьютера.

На этапе 3D-моделирования потребуются участие следующих специалистов:

- инженер-конструктора – разработка корпуса и выдача размеров печатных плат схемотехнику;
- схемотехника – разработка электрической схемы печатных плат;
- инженер-расчетчика – виртуальное моделирование и оптимизация конструкции;
- инженер-технолога – подготовка производства литого корпуса к литью под давлением;
- технический писателя – разработка эксплуатационной и технической документации.

Кроме того, необходимо учесть все технические требования, описанные на первом этапе.

Применение современной CAD/CAE-системы позволяет решить многие проблемы, возникающие при разработке приборов. Ниже будут перечислены основные сложности и методы решения.

Два инженера-конструктора работают над двумя подборками одной сборки. Как только один инженер внес изменения в сборки и сохранил свою часть работы, у второго сотрудника отображается неактуальная версия сборки. Необходимо сохранить свой сеанс, загрузить последнюю версию сборки и добавить последние изменения.

Другая ситуация: в состав сборки входит компонент. При этом недавно была выпущена новая версия компонента. Компонент, используемый в сборках, устарел, необходимо найти его новую версию и произвести замену.

Решение: инженер-конструктор может быть уверен в актуальности используемых данных благодаря механизмам проверки версий компонентов. При одновременной работе над одной сборкой у нескольких конструкторов есть возможность проверки внесения изменений в сеанс. Инженер получает информацию о том, какие из компонентов были изменены и обновляет сеанс в соответствии с последними изменениями.

Инженер-конструктор работает над моделью. Для виртуального моделирования он должен экспортировать модель в нейтральном формате и передать инженеру-расчетчику. После того, как расчетчик выполнит необходимые вычисления, конструктор сможет внести изменения в конструкцию. При необходимости оценки нового варианта конструкции необходимо выполнить действия заново.

Решение: благодаря единому источнику информации расчетчик имеет возможность начать проектировать расчетную модель на ранних этапах проектирования конструкторской. При внесении изменений в конструкторскую модель расчетная будет обновлена.

Разработана 3D-модель изделия, после этого начата разработка документации (например, руководства по сборке). В случае внесения изменения в исходное изделие документацию необходимо выпустить заново.

Решение: использование единого источника информации, а также обеспечение возможности внесения изменений в разработанные документы в соответствии с последними изменениями модели. Технический писатель может поступить к разработке документации еще до окончания проектирования модели, при внесении изменений в конструкторскую модель документация будет обновлена. За счет обеспечения параллельной работы сотрудников можно добиться значительного сокращения сроков разработки продукции и сократить ее стоимость.

Конструктор передает схемотехнику размеры печатных плат, допустимые для использования в данной модели. Схемотехник разрабатывает печатную плату в соответствии с электрической схемой, передает ее модель конструктору. При внесении изменений в электрическую схему процесс необходимо повторить.

Решение: конструктор и схемотехник работают в единой базе данных и обладают возможностью обновления печатной платы при изменении схемы. При этом конструктор может увидеть список изменений и выбрать те, которые необходимо учесть при обновлении модели платы.

Конструктор занимается разработкой модели корпуса, технологу необходимо подготовить производство данной модели. Для производства данного корпуса необходимо изготовить формообразующие, которые будут использованы в пресс-форме.

Решение: технолог может начать подготовку к созданию формообразующих поверхностей еще на этапе проектирования. Специальный модуль позволяет спроектировать поверхности, необходимые для проектирования вкладышей пресс-формы.

Исходными данными для конструктора могут служить результаты работы дизайнера. При использовании различных систем внесение изменений в дизайн изделия может потребовать от конструктора переработки созданных данных.

Решение: использование САП, содержащей в едином интерфейсе набор инструментов для промышленного дизайна «с нуля» или на основе эскизов. Тесная интеграция с конструкторскими модулями обеспечивает бесшовную работу между дизайнером и конструктором.

Руководитель проекта благодаря единому источнику информации, имеет возможность контролировать ход выполнения проекта в целом, а также отдельных этапов. При этом он может назначать ответственных сотрудников, а также следить за загрузкой участников проекта.

Таким образом, внедрение САП позволяет организовать работу специалистов смежных отделов. Участники проекта имеют доступ к актуальной информации, могут эффективно взаимодействовать друг с другом, при этом права доступа к информации могут быть настроены в соответствии с производственной необходимостью. Для эффективной работы должна быть разработана методика, позволяющая специалистам различных отделов работать над разработкой прибора в параллельном режиме.

Применение комплексного программного обеспечения в соответствии с разработанной методикой позволит обеспечить процесс параллельного проектирования специалистами различных отделов, а также сократить количество ошибок при разработке, время и затраты на разработку изделий.

Литература

1. Привезенцева А.В. Производственно-технологический аутсорсинг в приборостроении: необходимость и закономерность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uecs.ru/innovacii-investicii/item/559-2011-08-13-06-28-04?pop=1&tmpl=component&print=1>, своб.
2. Волков И.А., Слобцов И.В., Шальнов М.М. Программный комплекс проектирования и подготовки производства изделий из композиционных материалов // Рациональное управление предприятием. – 2009. – № 3. – С. 58–61.



Яськов Сергей Андреевич

Год рождения: 1991

Инженерно-физический факультет, кафедра световых технологий и оптоэлектроники, группа № 6241

Направление подготовки: 223200 – Техническая физика

e-mail: sergey.yaskov@ro.ru

УДК 51-74; 535.346.1

ФОТОМЕТР-КОЛОРИМЕТР НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРУЮЩЕЙ СФЕРЫ С ВНУТРЕННИМ ЭКРАНОМ И ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ RGB-КОМПОНЕНТОВ

С.А. Яськов

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.Т. Прокопенко

Современные колориметрические приборы и системы как лабораторного, так и промышленного назначения предполагают измерения коэффициентов отражения или пропускания в «цветовом» диапазоне спектра, равном 380–760 нм, с последующим определением на основе спектральных данных координат цвета (цветности) в любой из принятых (действующих) колориметрических систем по стандартам ISO (МКО). При этом в состав колориметра должен быть включен спектрофотометрический модуль. Как

правило, этот модуль использует полихроматор на базе вогнутой дифракционной решетки и ПЗС-линейки, что приводит к усложнению конструкции прибора и увеличению его стоимости. Представляет интерес исследовать (определить, установить, изучить и др.) возможности применения в колориметрических приборах и системах оптоэлектронных RGB-компонентов (излучателей и фотодетекторов), технологически освоенных в последнее время (последние годы). При исследовании объектов с диффузным отражением или пропусканием света стандарты ISO (МКО) требуют применения фотометрической интегрирующей сферы. В традиционной оптогеометрической конфигурации интегрирующая сфера предполагает внешнее (за пределами ее полости) расположение излучателя и фотодетектора. Эффективность светоотдачи излучателя может быть существенно увеличена при его размещении вблизи центра полости интегрирующей сферы. При этом необходимо блокировать прямую засветку исследуемого объекта, что может быть обеспечено непрозрачным экраном, располагаемым также вблизи центра сферы. Поэтому еще одной задачей данной работы являлся анализ фотометрических характеристик интегрирующей сферы с внутренним экраном в сравнении со сферой традиционной геометрии. Представлялось значимым (существенным, необходимым и др.) сопоставить результаты измерений на представляемом ниже RGB-колориметре параметров цвета (цветности) тестовых диффузных отражателей с теми же параметрами, полученными из спектров их отражения.

Внешний вид представляемого колориметрического прибора приведен на фотографии (рисунок, а).

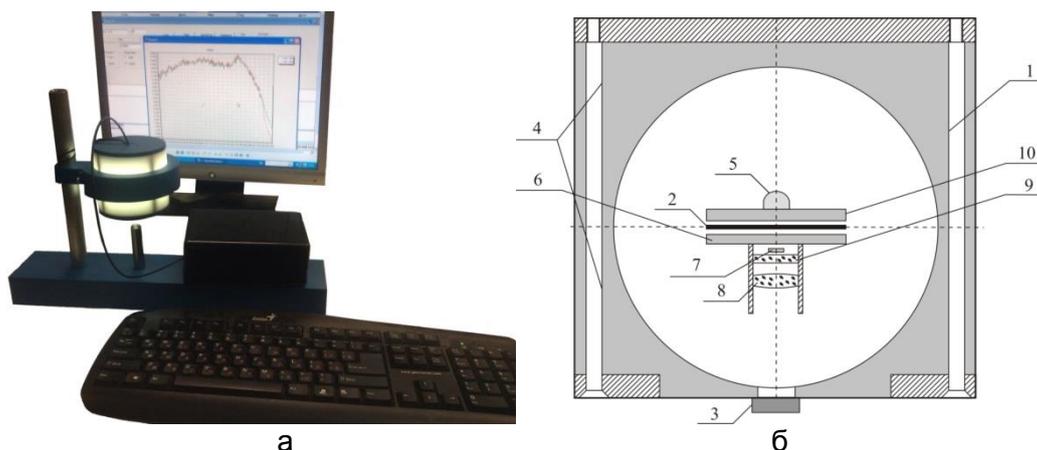


Рисунок. Внешний вид фотометра-колориметра (а); оптогеометрическая конфигурация интегрирующей сферы с внутренним экраном-диафрагмой (б): 1 – интегрирующая сфера; 2 – экран-диафрагма; 3 – люк для установки исследуемого образца или эталона; 4 – присоединительные фланцы; 5 – излучатель (RGB-светодиод); 6 – электронная плата сбора, обработки и вывода данных измерений; 7 – трехэлементный RGB-фотодиод; 8 – объектив; 9 – светофильтр; 10 – электронная плата питания излучателя

Конструкция использованной интегрирующей сферы с внутренним экраном схематически изображена на рисунке, б. Необходимые пояснения даны ниже по тексту, а также в подрисуночной подписи.

Внутренний экран-диафрагма 2 расположен вблизи центра сферы. На экране установлена электронная плата 10 для электропитания RGB-светодиода 5, который формирует освещенность верхней полусферы интегрирующей сферы. На том же экране расположены: или электронная плата 6 с трехэлементным RGB-фотодиодом 7, со встроенными планарными оптическими фильтрами для выделения красной, зеленой или синей составляющих в измеряемом потоке излучения, или же монтажная плата, на

которой с тем же 7 зафиксирован входной торец волоконно-оптического жгута для передачи регистрируемого излучения в спектрометр при измерении спектральной зависимости коэффициента диффузного отражения. В спектрометре в составе колориметра использовался полихроматор на базе классической вогнутой дифракционной решетки радиусом $R=125$ мм и постоянной $N=600$ штр/мм и ПЗС-линейки, установленной на круге Роуланда. При этом линейный размер «цветового» диапазона спектра, равный 380–760 нм, на круге составлял 26,2 мм, что позволило применить в полихроматоре ПЗС-линейку SONY ILX511, перекрывающую данный диапазон. Объектив 8 формирует на трехэлементной фотоприемной площадке RGB-фотодиода изображение элемента образца/эталоны диаметром 4 мм. При необходимости в оптическую систему прибора мог быть установлен дополнительный оптический фильтр 9.

Интегрирующая сфера 1 была изготовлена из фторопласта (материал ТФ-4) с коэффициентом диффузного отражения на уровне $R=0,85-0,89$ во всем интересующем диапазоне длин волн. Это позволило исключить дополнительное отражающее покрытие на поверхности внутренней полости сферы. Кроме того, данный материал характеризуется значительным объемным рассеянием света, что способствовало формированию индикатриссы отраженного от внутренней поверхности сферы излучения, близкой к ламбертовской. Геометрические размеры интегрирующей сферы составляли:

- диаметр внутренней полости, мм 70;
- диаметр люка для установки образца/эталоны, мм 10;
- диаметр внутреннего экрана-диафрагмы, мм 23.

Аналоговые выходные сигналы с трех фотоприемных площадок RGB-фотодиода регистрируются, усредняются, оцифровываются и выводятся на персональный компьютер электронной платой сбора, обработки и вывода данных. Прилагаемое (ассоциированное) программное обеспечение позволяет выводить результаты измерений в графической форме, соответственно, основным цветам колориметрической системы RGB в виде трех цветных кругов, пересечение которых воспроизводит цвет исследуемого объекта, или в виде числового массива из трех чисел в восьмиразрядном формате, принятом в системе RGB.

В таблице сопоставлены результаты расчета погрешности, вносимой в измерения коэффициента диффузного отражения интегрирующей сферы с внутренним экраном и сферы, традиционной геометрии.

Таблица. Относительные погрешности измерений для образцов с коэффициентами диффузного отражения 0,1; 0,3; 0,5; 0,7 и 0,9 для интегрирующих сфер с диафрагмой и без нее

| Коэффициент отражения ρ образца | Сфера с диафрагмой | Сфера без диафрагмы | Формула A_6 [1] |
|--------------------------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| 0,1 | 0,0467 | 0,0458 | 0,0485 |
| 0,3 | 0,0453 | 0,0444 | 0,0470 |
| 0,5 | 0,0439 | 0,0430 | 0,0454 |
| 0,7 | 0,0425 | 0,0416 | 0,0439 |
| 0,9 | 0,0411 | 0,0402 | 0,0423 |

Как видно, фотометрические свойства обеих сфер практически идентичны. В ходе работы были выполнены исследования цветковых параметров образцов бумаги с фотооптическим отбеливанием, тонированием и окрашиванием, а также образцов пломбирочных материалов для эстетической стоматологии. Полученные результаты,

в целом, подтвердили достаточно высокие метрологические возможности представляемого фотометра-колориметра. Экспериментально было также подтверждено, что использование экрана в полости интегрирующей сферы практически не влияет на погрешность измерений.

Литература

1. Tardy H.L. Matrix method for integrating-sphere calculations // *Optical Society of America*. – 1991. – V. 8. – № 9. – P. 1411–1418.
2. Фотометр-колориметр для измерения координат цвета диффузно отражающих объектов: пат. 140171 РФ: МПК-2006.01 / Белов Н.П., Грисимов В.Н., Щербакова Е.Ю., Шерстобитова А.С., Яськов А.Д.; патентооблад. НИУ ИТМО. – № 2013159203/28; заявл. 30.12.2013; опубл. 27.04.2014, Бюл. № 12. – 2 с.
3. Clare J.F. Comparison of four analytic methods for the calculation of irradiance in integrating spheres // *Optical Society of America*. – 1998. – V. 15. – № 12. – P. 3086–3096.
4. Белов Н.П., Грисимов В.Н., Яськов А.Д. Лабораторный спектрометр для исследования коэффициента отражения и определения параметров цветности диффузно отражающих объектов // *Изв. вузов. Приборостроение*. – 2010. – Т. 53. – № 7. – С. 74–78.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----------|
| ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСА УНИВЕРСИТЕТА НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ | 5 |
| Акифьева В.А. Разработка методики оценки маркетингового потенциала предприятия | 6 |
| Аксенов В.Е. Комбинаторные конструкции для вычисления числа паросочетаний и определителей на решетках | 10 |
| Антонов А.А. Организация измерений производительности компонентов подсистемы памяти микропроцессоров и системы-на-кристалле | 15 |
| Апехтин Д.В. Разработка системы контроля формы и дефектов лопастей турбин..... | 19 |
| Арефьев Р.А. Модель SOA фреймверка для применения в мультиплатформенной разработке | 24 |
| Белова К.Ю. Разработка предложений по снижению контрафактной продукции легкой промышленности на рынках Российской Федерации | 27 |
| Белоусов К.И. Математическое моделирование массопереноса в элементах микрофлюидных аналитических систем при действии различных физических полей..... | 31 |
| Бойцев А.А. Разработка явно решаемых моделей сложных квантовомеханических систем на базе подхода граничных троек | 35 |
| Вишератина А.К. Исследование эффективности внутрикомплексного переноса энергии в комплексах квантовых точек с молекулами хлорина еб..... | 39 |
| Гладкая О.П. Оценка экономической целесообразности реновации промышленных территорий на примере серого пояса Санкт-Петербурга | 43 |
| Гриценко П.А. Непрямой адаптивный метод компенсации синусоидального возмущения..... | 47 |
| Ермолаев П.А. Исследование рекуррентных алгоритмов нелинейной фильтрации применительно к задаче динамического оценивания параметров интерферометрических сигналов | 51 |
| Жебалова Е.А. Методы формирования и управления развитием бизнеса в высокотехнологичных отраслях | 56 |
| Жмылёв С.А. Исследование систем с полимодальными потоками | 59 |
| Жуков М.А. Метод префиксной дедупликации данных | 63 |
| Заколдаев Р.А. Микроструктурирование поверхности стекла под действием лазерного излучения ближнего инфракрасного диапазона..... | 67 |
| Золов П.Д. Исследование и математическое моделирование трехфазного активного преобразователя в условиях неидеального сетевого напряжения..... | 71 |
| Иваненко А.О. Разработка и исследование технологического процесса изготовления детали «Винт» роликвинтовой передачи в условиях современного серийного производства | 75 |
| Колодезный Е.С. Оптимизация тепловых характеристик мощных светодиодных сборок | 79 |
| Корнеева О.М. Томография закона распределения квадратур квантового поля методом не прямых измерений..... | 82 |
| Котова Е.И. Баллистический гравиметр с падающей голографической дифракционной решеткой | 86 |
| Краснов А.С. Методика оценки степени выполнения требований по составу организационно-распорядительных документов | 90 |
| Кукушкин Д.Е. Разработка предоптоволоконной системы, предшествующей | |

| | |
|---|-----|
| спектрографу высокого спектрального разрешения большого телескопа азимутального..... | 93 |
| Кукушкина О.М. Подбор вида и дозы сиропа в творожно-желейный десерт «Бланманже»..... | 97 |
| Лакисова Т.Ю. Концентрирование плодово-ягодных соков методом вымораживания с применением ферментных препаратов..... | 102 |
| Магдиева Р.Р. Автоматизация рабочего потока при выполнении стандартных заказов на полиграфическом предприятии «ЦИФРА»..... | 106 |
| Маматов А.Г. Создание математической модели квадрокоптера в среде MATLAB/Simscare и проектирование его системы управления..... | 110 |
| Моисеев Е.А. Исследование и разработка биометрической системы контроля доступа..... | 114 |
| Петрова И.А. Выбор вспомогательных оптимизируемых величин для повышения эффективности эволюционных алгоритмов с помощью обучения с подкреплением в нестационарной среде..... | 118 |
| Погорелая Д.А. Исследование влияния паразитной амплитудной модуляции фазового модулятора на сигнал волоконно-оптического гироскопа..... | 124 |
| Пономарёва И.О. Энергетический спектр водородоподобного примесного центра в полупроводниковом нанокристалле..... | 128 |
| Романенко А.Н. Разработка методики оптимизации параметров декодера в задаче распознавания речи..... | 132 |
| Русин Е.В. Исследование алгоритмов идентификации звезд по видеоизображению в задаче определения астрономических координат на подвижном основании..... | 136 |
| Сазоненко Д.А. Исследование и улучшение оптической системы эшелле-спектрографа высокого спектрального разрешения для 6-метрового большого телескопа азимутального..... | 139 |
| Слобожанюк А.П. Моделирование киральных метаматериалов с нелинейным откликом и прототипирование в свч диапазоне частот..... | 143 |
| Смирнова Л.А. Анализ и оценка инновационного потенциала предприятия..... | 147 |
| Сосенкова С.А. Сравнительное исследование результатов воздействия излучения 980 нм диодного лазера с и без системы тепловой обратной связи на дерматологические новообразования..... | 151 |
| Танырбергенова К.И. Построение и исследование прогностических моделей потока вызовов станции скорой медицинской помощи..... | 155 |
| Целищев А.А. Исследование влияния регулярного микрорельефа на качество клеевых соединений..... | 158 |
| Чугина Ю.В. Управление динамическими сетями с применением к электроэнергетическим сетям..... | 162 |
| Шитов Д.Д. Исследование и разработка многопараметрического классификатора минеральных объектов..... | 166 |
| Шмигельский Г.М. Управление беспилотным летательным аппаратом..... | 170 |
| Щербинин Д.П. Влияние допирования полупроводниковыми квантовыми точками на свойства нематического жидкого кристалла..... | 173 |

**ЛАУРЕАТЫ КОНКУРСА УНИВЕРСИТЕТА (ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСОВ
ФАКУЛЬТЕТОВ) НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ
ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ..... 177**

Алтай Е.А. Компьютерное моделирование и конструирование аппаратной части

| | |
|--|-----|
| кардиографа на Sd-карте | 178 |
| Вологдин М.А. Методика определения требований к системам защиты информации информационных систем органов власти и организаций..... | 182 |
| Гиллунг А.И. Технологическая площадка как автоматизированная система в защищенном исполнении | 186 |
| Глущенко Ф.А. Исследование влияния геометрии литниковой системы на функциональные свойства полимерной микролинзы при литье под давлением..... | 190 |
| Дмитриев А.Н. Классификация текстов на естественном языке с использованием грамматики зависимостей | 194 |
| Колчанов А.Б. Исследование теплопроводности термоэлектрического материала антимонида цинка | 197 |
| Лунева Е.И. Исследование характеристик высокоточного комплекса аппаратуры для измерения параметров частиц в нано- и микродиапазоне | 200 |
| Лысенко А.Е. Организация управления и аудит информационной безопасности на предприятии военно-промышленного комплекса..... | 204 |
| Моисеев Н.Ю. Разработка технологии сыра с чеддеризацией и плавлением сырной массы из восстановленного молока | 208 |
| Мосягин С.В. Исследование электропроводности и термоэдс термоэлектрического материала антимонида цинка | 212 |
| Поляков Д.И. Анализ методов управления техническим долгом при проектировании программных систем..... | 215 |
| Ткешелашвили Н.М. Извлечение сущностей из электронных таблиц ценовых предложений | 219 |
| Уварова Н.В. Разработка стандартного образца счетной концентрации частиц в масле | 222 |
| Фарашиани М.А. Анализ эффективности функционирования сети компании «Farashian» | 225 |
| Цесь Ю.В. Разработка методики измерений массовой концентрации табачной пыли в организованных источниках выбросов предприятий табачной отрасли | 230 |

| | |
|--|------------|
| ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСОВ КАФЕДР НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ | 234 |
| Андряков Ю.А. Разработка аналоговых электронных блоков микросхемы преобразователя «емкость-напряжение» для микромеханических датчиков | 235 |
| Аскарова Д.В. Модели надежности сетей с резервированием маршрутизаторов..... | 239 |
| Афанасьева Н.А. Разработка рецептуры и технологии влажного корма для взрослых кошек на основе компонентов, богатых таурином | 244 |
| Белова А.И. Разработка и исследование словарной системы технологического назначения..... | 248 |
| Биушкина К.О. Корпоративная база знаний как инструмент работы с интеллектуальным капиталом компании (на материале культурно-развлекательных учреждений) | 251 |
| Варахалина М.В. Методы создания визуального ряда спектакля при помощи технологии захвата движения | 255 |
| Волков А.В. Исследование особенностей использования методов гомодинной демодуляции в фазовых волоконно-оптических датчиках | 259 |
| Воробьев В.С. Исследование поискового поведения интеллектуальных агентов | 262 |
| Гаврина М.А. Реверс-инжиниринг доменных моделей из исходного кода..... | 267 |

| | |
|--|-----|
| Гришуков Т.Р. Исследование и оптимизация режимов литья для повышения точностных характеристик полимерной линзы на основе робастного метода | 271 |
| Грудина А.М. Модифицированный метод обратной семантической трассировки концептуальных схем | 275 |
| Железняков А.С. Разработка алгоритмов автоматической сегментации и идентификации сайменной нерпы | 279 |
| Зырянова А.Е. Исследование и разработка замороженного десерта по типу сорбета из молочной сыворотки | 282 |
| Ильева Т.П. Интерференционный канал оптического модуля космического эксперимента крит..... | 286 |
| Ковешников М.Г. Разработка метода виртуализации системных средств для повышения уровня безопасности информационных систем | 290 |
| Крайнева О.Н. Эффективность использования финансовых ресурсов при разработке и реализации инвестиционных проектов | 294 |
| Кузнецова А.А. Численное моделирование автофлуоресценции биоткани с помощью метода монте-карло | 300 |
| Кузьмин Е.В. Исследование поверхностного плазмонного резонанса на модельных структурах поверхностных ультракоротких лазерных возмущений | 304 |
| Лавров Ю.А. Разработка термостата для реализации реперной точки затвердевания алюминия | 308 |
| Лемко И.В. Разработка печатной платы для микромеханического инерциального датчика | 311 |
| Малышев А.Г. Анализ дыхания человека по флуктуациям концентрации углекислого газа при помощи системы светодиод–фотодиод..... | 314 |
| Марова А.А. Исследование структуры и теплопроводности неоднородных полимерных и поликристаллических материалов | 318 |
| Моисеева А.С. Исследование и разработка алгоритмов автоматического аннотирования и реферирования для задач речевой аналитики..... | 322 |
| Оралканова Ж.О. Моделирование процессов управления трафиком в мультисервисных компьютерных сетях..... | 326 |
| Пантелеев Г.Я. Исследование влияния недельных и циркадных ритмов на когнитивные процессы | 331 |
| Парчуков А.В. Создание плоских экранирующих материалов на основе лент аморфных сплавов для защиты от переменных магнитных полей..... | 335 |
| Пилютик Н.К. Способ идентификации пользователей сети интернет на основе энтропийного подхода..... | 339 |
| Прасолов Н.Д. Моделирование процессов взаимодействия зонда атомно-силового микроскопа с поверхностью кристаллических твердых тел методами молекулярной динамики | 344 |
| Сапунова Н.П. Исследование одновременного ощущения человеком цвета и звука . | 348 |
| Сердюков Д.А. Разработка автоматизированной системы выбора программных средств защиты информации | 352 |
| Смирнов С.Н. Мощный импульсный лазер безопасного для глаз диапазона с диодной накачкой | 356 |
| Тельная Ю.С. Теневой и тепловой каналы измерительного блока космического эксперимента крит..... | 360 |
| Трушин В.А. Методы виртуальной реконструкции Ивангородской крепости | 363 |
| Филатова А.Ю. Расширение пользовательского опыта как метод привлечения и удержания пользователей виртуальных магазинов | 367 |
| Хомич А.В. Анализ методов управления трафиком системы программ 1С 8.3..... | 371 |

| | |
|--|-----|
| Цимбалист-Колесникова И.А. Исследования и методы управления финансовой устойчивостью на промышленном предприятии..... | 375 |
| Цупиков А.В. Распределенная интегрированная система для ведения проектов создания новых изделий | 379 |
| Чепурова О.А. Методы превизуализации программ одиночного фигурного катания..... | 383 |
| Чернышев С.Ю. Методы разработки и оптимизации систем управления организацией..... | 387 |
| Шкуров И.В. Проектирование встроенной вычислительной системы для планера | 390 |
| Эйвазов А.И. Разработка системы управления маркетингом и продажами на предприятиях медицинской отрасли | 394 |

**УЧАСТНИКИ КОНКУРСОВ КАФЕДР НА ЛУЧШУЮ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ
КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ**

| | |
|---|-----|
| Баевских А.Н. Использование кольцевых генераторов на плиз для приложений обработки сигналов | 398 |
| Елистратов В.Д. Исследование цифровых систем управления прецизионными электроприводами для объектов с низкими резонансными частотами | 402 |
| Иванова Д.М. Анализ методов и алгоритмов моделирования коленного сустава по результатам магнитно-резонансной томографии | 406 |
| Козлов А.С. Разработка конструкции встраиваемого аппаратного модуля для электронных устройств..... | 411 |
| Кротов К.А. Разработка и моделирование процессов технологической подготовки производства изделий из полимерных материалов | 414 |
| Лузгина Е.В. Разработка рецептуры и технологии кисломолочных продуктов с применением концентрата мякоти арбуза | 417 |
| Тимофеева О.С. Разработка и исследование технологий изготовления литевых форм в условиях мелкосерийного производства | 421 |
| Фатхриев В.Р. Разработка и исследование методики параллельного проектирования с использованием современных CAD/CAE -систем..... | 425 |
| Яськов С.А. Фотометр-колориметр на основе интегрирующей сферы с внутренним экраном и оптоэлектронных RGB-компонентов | 429 |

Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ магистров Университета ИТМО / Главный редактор проректор по НР д.т.н., профессор В.О. Никифоров. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 438 с.

**АННОТИРОВАННЫЙ СБОРНИК
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ
МАГИСТРОВ УНИВЕРСИТЕТА ИТМО**

Главный редактор
проректор по НР
В.О. Никифоров

Дизайн обложки Н.А. Потехина

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО Н.Ф. Гусарова

Редактор Л.Н. Точилина

Лицензия ИД № 00408 от 05.11.99.

Подписано в печать 23.11.15

Заказ № 3575. Тираж 100 экз.