Magistrs.fh 175lpi 45° 02.10.2013,
cyan magenta yellow black 15:15:15

ISBN 978-5-7577-0450-0

АННОТИРОВАННЫЙ СБОРНИК

НАУЧНО–ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ МАГИСТРОВ

Санкт–Петербургский национальный
исследовательский университет
информационных технологий,
механики и оптики

НИУ ИТМО

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИТМО
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ магистров НИУ ИТМО

Санкт-Петербург

2013

Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ магистров НИУ ИТМО / Главный редактор Проректор по НР д.т.н., профессор В.О. Никифоров. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 354 с.

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

ISBN 978-5-7577-0450-0

В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2013

© Авторы, 2013

ВВЕДЕНИЕ

«Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ магистров НИУ ИТМО» опубликован по результатам конкурсов на лучшую научно-исследовательскую выпускную квалификационную работу (НИВКР) среди магистров НИУ 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 98 лучших НИВКР на 34 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 12 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 2013 год и определена номинация «Лучший научный руководитель НИВКР среди магистров 2013».

Статистические данные участия магистров

Этап	Название конкурса	Приняло участие	Победители
I	Конкурсы кафедр	775	98
II	Конкурсы факультетов	98	49
III	Конкурс университета	49	29

По итогам Конкурса среди магистров было определено 29 победителей на «Лучшую НИВКР университета» и 20 лауреатов, которые стали победителями Конкурсов проведенных на факультетах.

Общее количество магистрантов, участвовавших в конкурсах на «Лучшую научно-исследовательскую выпускную квалификационную работу» составило 775 человек.

Организационную работу по Конкурсам проводили следующие структурные подразделения НИУ ИТМО: НИЧ, 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 4 страниц.

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

Итоги Конкурса были подведены на заседании НТС университета и оформлены приказом ректора НИУ ИТМО № 1424-уч от 01.08.2013 г.

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

Алексанков Сергей Михайлович
Год рождения: 1990
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6111
Направление подготовки: 230100 – Вычислительные системы и сети
e-mail: aleksankov.sergey@gmail.com

УДК 004-052-2/-42

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

С.М. Алексанков
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Богатырев

В настоящее время большой интерес проявляется к исследованию принципов обеспечения высоконадежных вычислений в отказоустойчивых системах управления. Высокая надежность компьютерных систем, работающих в контуре управления, требует избыточности структуры, поэтому в таких системах в качестве базовых вычислительных средств используются дублированные вычислительные комплексы (ДВК) [1, 3].

Базовая конфигурация ДВК состоит из двух ЭВМ (полукомплексов), связанных через устройство связи (адаптер канал-канал или разделяемая общая память), реализующее межмашинный обмен, проводимый для поддержки отказоустойчивости вычислительного процесса и его контроля. Контроль основан на сравнении результатов в контрольных точках.

В работе продолжена разработка моделей поддержки проектирования отказоустойчивых резервированных вычислительных систем критического применения, начатая в выпускной работе бакалавра.

Ранее была проведена работа [2], в которой решалась задача оценки надежности ДВК с учетом ограниченного восстановления после отказов. Были предложены марковские модели надежности восстанавливаемых ДВК, отличающиеся возможностью учета ограниченного восстановления, при невосполнимой потере накопленных данных (результатов вычислений) или при недопустимости прерываний вычислительного (управляющего) процесса во время процесса восстановления системы.

Были рассмотрены ограничения восстановления комплекса. Оно нереализуемо в случаях, когда:

- потеря данных недопустима, а перерывы вычислительного процесса во время восстановления допустимы ($S1$);
- потеря данных и перерывы вычислительного процесса во время восстановления недопустимы ($S2$);
- потеря данных и перерывы вычислительного процесса во время восстановления допустимы ($S3$).

Потеря данных происходит, когда при информационной зависимости прикладных функциональных задач, решаемых вычислительной системой, отказывает память в двух полукомплексах, что приводит к невозможности выполнения задач, т.е. к отказу системы, при котором ее восстановление невозможно.

Перерывы вычислительного процесса во время восстановления недопустимы, например, для управляющих систем, работающих в реальном времени, при этом будем

считать, что для поддержки вычислений достаточно работоспособности хотя бы одного центрального процессора (ЦП) при доступности для него памяти хотя бы в одном полукомплексе. При отказе одного ЦП доступ исправного ЦП к памяти другого (сопряженного) полукомплекса должен поддерживаться средствами комплексирования по прямому доступу.

Но эти модели не учитывали, что перерывы в вычислительном процессе могут проявляться не только после отказа двух ЦП, но также при повторном расчете задачи из-за сбоев и простоя задачи в очереди на ожидание.

Исходя из этого, были построены модели для оценки времени расчета задачи, дополняющие построенные ранее и, которые учитывают время ожидания в очереди и время, затраченное на повторный перерасчет.

Был рассмотрен вычислительный процесс для реализации надежных вычислений. В нем были выделены три этапа, которые последовательно проходит задача в ДВК: вычисление (compute, CPT), копирование(copy, CPY), сравнение (compare, CPR). Если вычисление задачи прошло без сбоев, то задача уходит из комплекса. Если произошел сбой, то задача после выполнения сравнения переходит на повторное прохождение всех трех этапов. Иллюстрация приведена на рис. 1.

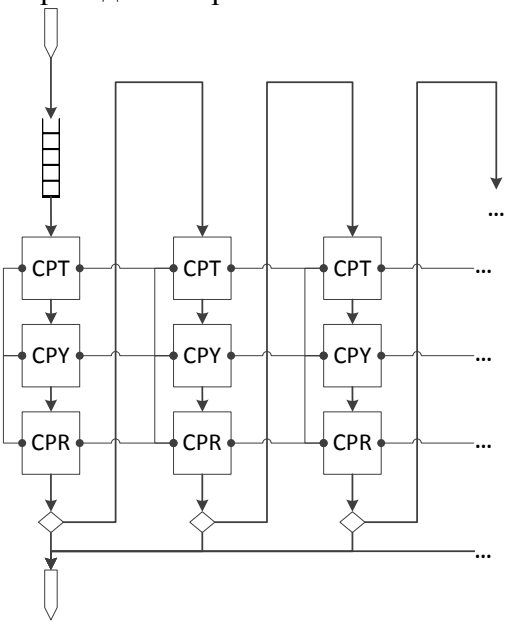


Рис. 1. Этапы прохождения заявки в ДВК

Были построены две модели: на основе марковских процессов и аналитическая модель массового обслуживания.

Для марковской модели был построен граф, в котором каждое состояние кодировалось следующим образом: $n/*/L$, где n – количество заявок, поступивших в комплекс; «*» – код этапа, который комплекс выполняет в данный момент над заявкой (CPT, CPY, CPR); L – номер повторного пересчета заявки. Всего было определено пять переходов: после поступления новой заявки, выполнения этапа вычисления, выполнения этапа копирования, выполнения успешного сравнения и выполнения сравнения после сбоя. Для автоматизации составления дифференциальных уравнений Колмогорова–Чепмена больших размерностей и их решения был разработан универсальный скрипт для математического пакета GNU Octave. Решив уравнения, можно найти вероятности всех состояний. С помощью найденных вероятностей состояний можно вычислить среднее количество заявок M в системе и среднее количество заявок K, которые поступили на повторный пересчет, и найти среднее время пребывания u по формуле Литтла:

$$u = \frac{M}{\lambda} + \frac{K}{\mu_{cpr} p_{err}},$$

где λ – интенсивность входящих заявок, а $\mu_{cpr} p_{err}$ – интенсивность потока заявок, отправленных на перерасчет (произведение интенсивности прохождения этапа сравнения и вероятности сбоя).

В аналитической модели были составлены следующие формулы для нахождения среднего времени пребывания:

– суммарное общее время обслуживания:

$$v = v_{cpt} + v_{cpy} + v_{cpr},$$

– среднее время обслуживания, учитывая сбои:

$$v_c = p_{ok} \cdot \sum_{i=1}^{g} \left(i \cdot (1 - p_{ok}))^{i-1} \cdot v \right),$$

– загрузка:

$$\rho = v_c \cdot \lambda,$$

– среднее количество заявок в системе с учетом ограничения емкости накопителя:

$$m = \frac{\left(\frac{\rho \cdot \left(1 - (r+2) \cdot \rho^{(r+1)} + (r+1) \cdot \rho^{(r+2)}\right)}{1 - \rho^{(r+2)}} \right)}{1 - \rho},$$

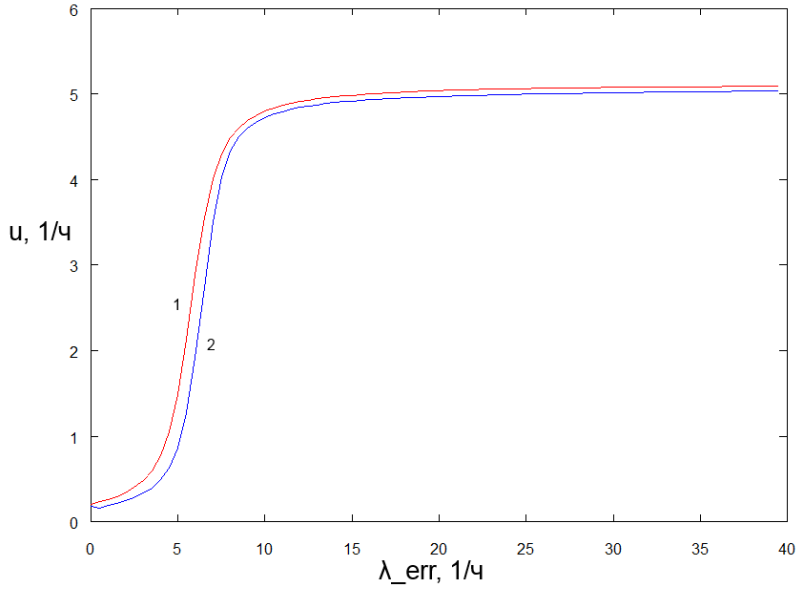
– среднее время пребывания:

$u = \frac{m}{\lambda}$, где λ – интенсивность входящих заявок; r – ограничение емкости накопителя; p_{ok} – вероятность вычисления без сбоя, которая определялась как:

$$p_{ok} = e^{\left(-\lambda_{err} \cdot \left(v_{cpt} + v_{cpy} + v_{cpr}\right)\right)},$$

где λ_{err} – интенсивность сбоев.

По результатам расчетов были построены графики зависимостей среднего времени пребывания от различных параметров. Пример представлен на рис. 2.



1 - Аналитическая модель массового обслуживания;
2 - Марковская модель;

Рис. 2. Зависимости среднего времени пребывания от интенсивности сбоев

Представленные модели в совокупности с моделями надежности, разработанными ранее, могут быть использованы при прогнозировании надежности и выборе вариантов построения резервированных вычислительных комплексов защищенных систем критического применения, в том числе работающих в распределенных системах реального времени.

Литература

1. Алексанков С.М. Построение модели дублированного вычислительного комплекса при ограниченном времени восстановления вычислительного процесса. // Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ бакалавров и специалистов НИУ ИТМО. – 2011. – С. 24–25.
2. Богатырев В.А., Алексанков С.М., Демидов Д.В., Беззубов В.Ф. Надежность резервированного вычислительного комплекса при ограниченном восстановлении. // Научно-технический вестник ИТМО. – 2013. – №3. – С. 67–72.
3. Богатырев В.А., Демидов Д.В., Алексанков С.М. Оценка надежности дублированных комплексов с учетом контроля // Materiali VII mezinarodni vedecko-prakticka konference Aktyalni vymozenosti vedy. –2011. – С. 57–58.

Белогуров Алексей Александрович
Год рождения: 1990
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра информационно-навигационных систем,
группа № 6163
Направление подготовки: 220400 – Управление движением и навигация
e-mail: alexbelogurow@gmail.com

УДК 531.383-11:531.714.7;

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ПАРАМЕТРЫ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА И ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОМЕХАНИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА RR-ТИПА

А.А. Белогуров
Научный руководитель – к.т.н. Я.А. Некрасов

Процедуры калибровки и испытаний микромеханического гироскопа (ММГ) весьма трудоемки и продолжительны по времени, и после их проведения значительная часть ММГ может быть отбракована. В связи с этим целесообразна ранняя диагностика и отбраковка собранных датчиков [1]. Эта отбраковка может быть основана на данных о характеристиках чувствительного элемента (ЧЭ) как до, так и после корпусирования.

В процессе сборки ММГ производится крепление кристалла ЧЭ в корпус. От качества выполнения этой операции зависят некоторые характеристики ММГ, в том числе и квадратурная помеха. По изменению этой помехи после корпусирования ЧЭ и интегральной схемы (ИС) можно судить о качестве выполнения этой операции.

На данном этапе работы были исследованы два параметра ЧЭ: квадратурная помеха и добротность подвеса по оси первичных колебаний, а также исследовано влияние этих параметров на характеристики ММГ.

Микромеханический гироскоп. Исследуемый ММГ разработки ЦНИИ «Электроприбор» является вибрационным гироскопом RR-типа. В ММГ RR-типа реализуется колебательное движение ротора в режимах первичных и вторичных колебаний. ММГ выполнен в виде сборки из ЧЭ и ИС, расположенных в керамическом корпусе с 30 выводами (LCC30). Внутри корпуса находится металлизированный слой для заземления ЧЭ и ИС, а также, для уменьшения температурного градиента между ЧЭ и ИС. Габаритные размеры корпуса ММГ 11,5×19,56×2,6 мм. Для уменьшения длины проводников между ИС и микромеханическим чувствительным элементом (МЧЭ) контактные площадки ЧЭ выполнены с одной стороны, ближней к ИС. Типовые значения добротности подвесов подвижной массы МЧЭ составляют более 10^5 по оси первичных колебаний и 10^4 по оси вторичных колебаний. Резонансная частота подвеса в канале первичных колебаний составляет 3,2 кГц, в канале вторичных колебаний выше на 5–6%. Для формирования канала первичных колебаний используются электроды с гребенчатой структурой. Предельный угол поворота подвижной массы в этом ЧЭ ограничен стопорами на уровне 1,4–1,5°; амплитуда первичных колебаний устанавливается на уровне 1°.

Определение квадратурной помехи. В идеальных ММГ вторичные колебания инерционной массы возникают только при появлении угловой скорости основания. Однако в действительности в экспериментальных ММГ на неподвижном основании присутствуют вторичные колебания, называемые квадратурной помехой [3].

Одной из причин появления квадратурной помехи является не перпендикулярность направлений осей первичных и вторичных колебаний дискового ротора. По оси первичных колебаний f_1 ротор совершает перемещение:

$$\alpha_{f_1} = A\sin(wt), \quad (1)$$

где A, ω – амплитуда и частота первичных колебаний. При появлении угловой скорости основания возникает ускорение Кориолиса, действующее по оси вторичных колебаний f_2:

$$\vec{a}_к = 2\vec{\Omega} \times \dot{\vec{\alpha}}_{f_1}, \quad (2)$$

где $\vec{\Omega}$ – угловая скорость основания; $\dot{\vec{\alpha}}_{f_1}$ – угловая скорость ротора по оси первичных колебаний.

Подставив выражение (1) в выражение (2) получим:

$$\alpha_{кв} \approx 2\Omega A w\cos(wt)\cdot \quad (3)$$

В действительности первичные колебания ротора могут происходить под некоторым малым углом к оси f_1. Тогда по оси f_2 будет действовать составляющая вынужденных колебаний ротора:

$$\alpha_{кв} = \alpha_{f_1}\sin(\varepsilon), \quad (4)$$

где $\alpha_{кв}$ – проекция первичных колебаний ротора α на ось f_2; ε – угол отклонения от оси f_1.

В силу малости угла ε примем $\sin(\varepsilon) \approx \varepsilon$, тогда, подставляя (1) в (4), получим:

$$\alpha_{кв} \approx \varepsilon A\sin(wt) = A_{кв}\sin(wt)\cdot \quad (5)$$

Таким образом, при неподвижном основании ($\Omega = 0$) ротор совершает колебания по оси вторичных колебаний f_2, что вносит ошибку в выходной сигнал ММГ.

Дважды проинтегрировав выражение (3) получим формулу для перемещения ротора по оси f_2, содержащее полезную информацию о скорости основания Ω:

$$\alpha_{f_2} = -\frac{2\Omega A}{\omega}cos(\omega t) = A_{пол}\,cos(\omega t). \quad (6)$$

Из выражений (5) и (6) видно, что существует сдвиг фаз на 90° $\alpha_{кв}$ по отношению к сигналу α_{f_2}.

Для выделения составляющей $A_{кв}$ применяется процедура синхронной демодуляции, при которой сигнал гироскопа по оси вторичных колебаний перемножается на опорный сигнал u_0, сформированный по закону

$$u_0 = 2\cos(\nu_\gamma t + \Delta\varphi)\,. \qquad (7)$$

Из тригонометрии известно, что результирующий сигнал в этом случае примет вид

$$u_{ДМ} = A^{кв}(\omega_Y) + A^{кв}(\omega_Y)\cos 2\nu_\gamma t\,, \qquad (8)$$

второе слагаемое отфильтровывается фильтром низких частот, а оставшийся сигнал

$$u_{вых} = A^{кв}(\omega_Y) \qquad (9)$$

и является выходным сигналом ММГ.

В исследуемом гироскопе квадратурная помеха подавляется за счет синхронного фазочувствительного детектора в ИС. Настройка синхронного детектора на максимальное подавление квадратурной помехи осуществляется путем изменения фазы опорного сигнала θ, вносимой при формировании сигналов. Фаза может быть изменена с шагом 2,8° в диапазоне 0–180°. Доступ к изменению фазы возможен при подключении к гироскопу специального оборудования. Необходимое программное обеспечение выполнено в виде виртуального инструмента с помощью программного пакета LabView.

Эта величина была определена путем измерения выходного сигнала ММГ на неподвижном основании при изменении фазы опорного сигнала в диапазоне 0–180°.

Определение квадратурного сигнала проводилось для 35 гироскопов. На рис. 1 представлен график зависимости полученного квадратурного сигнала от фазы опорного сигнала. Разброс по величине от образца к образцу составил около 10 раз.

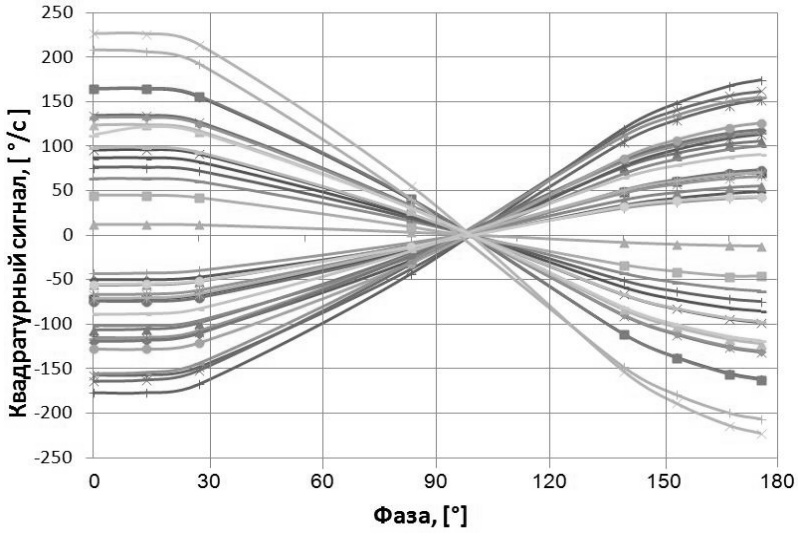


Рис. 1. Зависимость квадратурного сигнала от фазы опорного сигнала

Исследования экспериментальных образцов ММГ показали, что величина квадратурной помехи в выходном сигнале изменяется от образца к образцу в диапазоне 10–230°/с.

Значения уровня квадратурной помехи, полученные по данному методу, совпадают со значениями, полученными фирмой-изготовителем при измерении этой помехи при отбраковке ЧЭ на уровне пластины.

На рис. 2 изображен график, показывающий, что между значениями квадратурного сигнала, полученными на уровне пластины и изделий, соответствующим спецификации, существуют корреляция (r_{xy}=0,9), что говорит о корректно проведенной сборке. В дальнейшем при совпадении подобных результатов на уровне ЧЭ и изделия для годных образцов ММГ и различии для негодных, возможно определение некоторого критерия качества по полученной величине квадратурного сигнала. У готовых образцов, не прошедших первичную проверку, значения квадратурного сигнала оказались чрезвычайно велики.

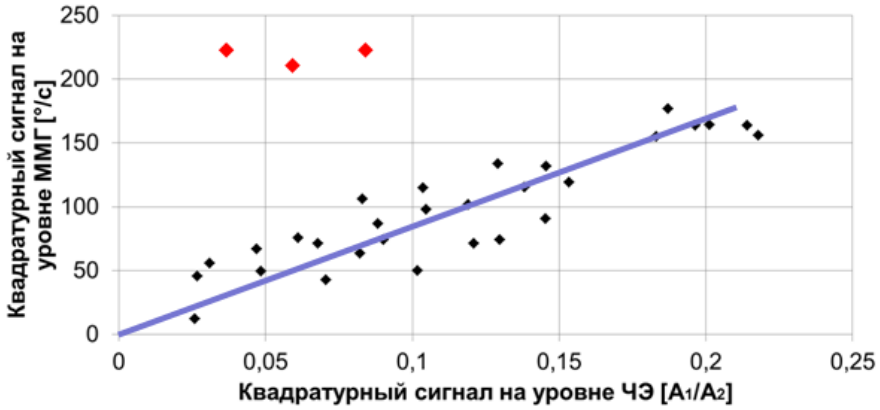
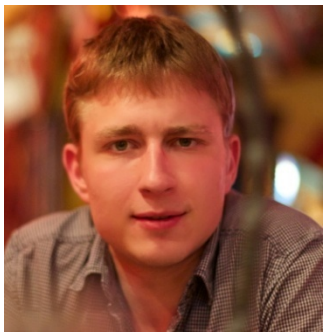


Рис. 2. Сопоставление результатов определения квадратурного сигнала на уровне изделия и пластины

Разработанная методика определения амплитуды квадратурного сигнала может быть использована на ранних этапах изготовления для отбраковки гироскопов и отбора гироскопов с меньшей чувствительностью к вибрациям.

Литература

1. Беляев Я.В. Использование квадратурной составляющей выходного сигнала для тестирования ММГ // Гироскопия и навигация. – 2011. – № 1. – С. 37–48.
2. Беляев Я.В. Методы снижения порога чувствительности микромеханического гироскопа. – Дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н. – СПб: ЦНИИ «Электроприбор». – 2010. – 124 с.
3. Беляева Т.А. Методы компенсации квадратурной помехи в микромеханическом гироскопе RR-типа. – Дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н. – СПб: ЦНИИ «Электроприбор». – 2009. – 126 с.
4. Пешехонов В.Г. Результаты испытаний установочной партии микромеханических гироскопов RR-типа // Гироскопия и навигация. – 2011. – № 1. – С. 37–48.



Бородин Дмитрий Александрович
Год рождения: 1989
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга,
группа № 6212
Направление подготовки: 223200 – Теплофизические процессы и технологии
e-mail: dborodinspb@gmail.com

УДК 644+697.1

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОБЛЕДЕНЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Д.А. Бородин
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.А. Кораблев

В работе рассматриваются методы и средства предотвращения образования гололедно-изморозевых отложений на наружной поверхности элементов конструкции высотных сооружений. В случае отсутствия эффективной системы для борьбы с обледенением возникает угроза безопасности близлежащих пешеходных зон и сооружений в результате опадения льда.

Основной **целью работы** был расчет основных характеристик наиболее перспективной антиобледенительной системы для шпиля высотного сооружения.

Шпиль (рис. 1) конструктивно представлен сварными трубами различного диаметра. Низ конструкции находится на высоте 340 м, верхняя часть шпиля – на высоте 425 м.

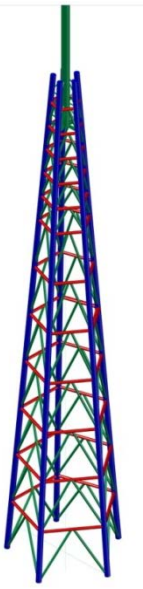


Рис. 1. Общий вид конструкции шпиля

Основной причиной образования льда на поверхности конструкции является столкновение сконденсированных переохлажденных капель воздуха с предметом. На интенсивность обледенения влияют основные конструктивные (размер предмета) и климатические параметры (влажность и температура воздуха, скорость ветра). Оценка интенсивности обледенения производится с учетом коэффициентов прилипания, захвата капель и с учетом теплового баланса:

$$q_{\text{крист}} = q_{\text{конв}} + q_{\text{исп}} + q_{\text{нагр}} + q_{\text{изл}}, \quad (1)$$

где $q_{крист}$ – теплота кристаллизации; $q_{конв}$ – потери тепла конвекцией; $q_{исп}$ – потери тепла в результате испарения; $q_{нагр}$ – отток (приток) тепла при нагреве (охлаждении) воды до температуры замерзания; $q_{изл}$ – потери тепла на излучение.

Результаты расчета показали интенсивность обледенения элементов конструкции шпиля в диапазоне 0,1–3 мм/ч в зависимости от погодных условий и диаметра труб.

Основными средствами, предотвращающими обледенение конструкции и показавшими наибольшую эффективность, являются система обогрева на основе греющего кабеля и покрытие элементов конструкции гидрофобной краской. Эффективность кабельных систем обуславливается их надежностью, удобством монтажа и эксплуатации. Исходя из этого, для расчета в работе была принята система обогрева на основе греющего кабеля.

Методика расчета шага укладки кабеля и требуемой удельной линейной мощности представлена путем представления трубы в виде плоской пластины с распределенным источником теплоты.

Расчеты параметров системы производились согласно следующей тепловой модели. Цилиндр представлен в виде прямоугольной пластины толщиной δ с размерами $1\times\pi D$, т.е. длиной 1 м. На пластине расположена область прямоугольной формы, размеры которой $2\Delta\xi$, $2\Delta\eta$; в этой области равномерно распределены источники теплоты, мощность которых Q. Теплообмен с торцов пластины отсутствует, с двух поверхностей теплота рассеивается конвекцией и излучением в окружающую среду. Коэффициенты теплоотдачи равны $\alpha_{внутр}$ и $\alpha_{нар}$ (рис. 2, 3).

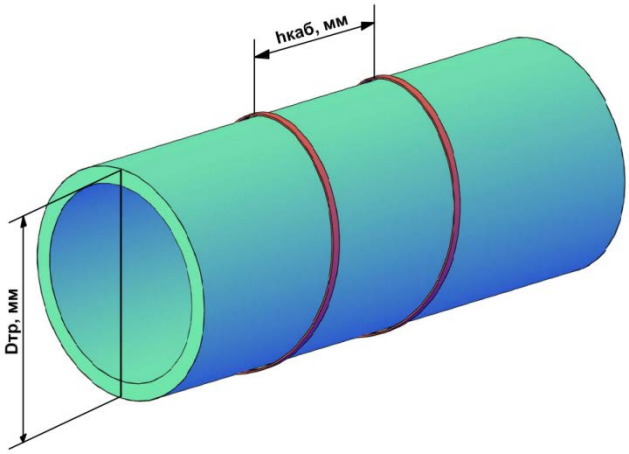


Рис. 2. Участок трубы с нагревательным кабелем

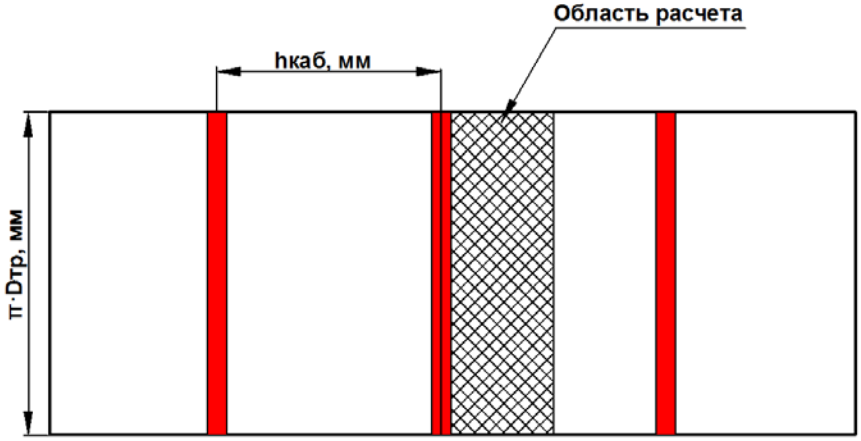


Рис. 3. Модель представления трубы с кабелем в виде пластины с плоским источником

Были проведены сравнительные расчеты с изменением удельной линейной мощности нагревательной ленты, шага укладки кабеля и диаметра трубы. Целью расчета было определение минимального шага укладки в целях обеспечения температуры поверхности трубы не ниже точки кристаллизации воды. Результаты расчета показали, что наиболее оптимальным является шаг укладки кабеля, равный 0,2 м, при удельной линейной мощности кабеля в 80 Вт/м.

С учетом требуемого шага укладки кабеля и удельной мощности удельные энергетические затраты на антиобледенительную систему составляют 28 ГВт·ч. Капитальные затраты на обустройство системы составляют 2,2 млн. руб.

В целях оптимизации основных показателей в работе предлагается система обогрева конструкций шпиля высотного сооружения, базовый нагревательный элемент которого состоит из нагревательного мата, нагревательной ленты, электромонтажного оборудования и датчиков температуры (рис. 4).

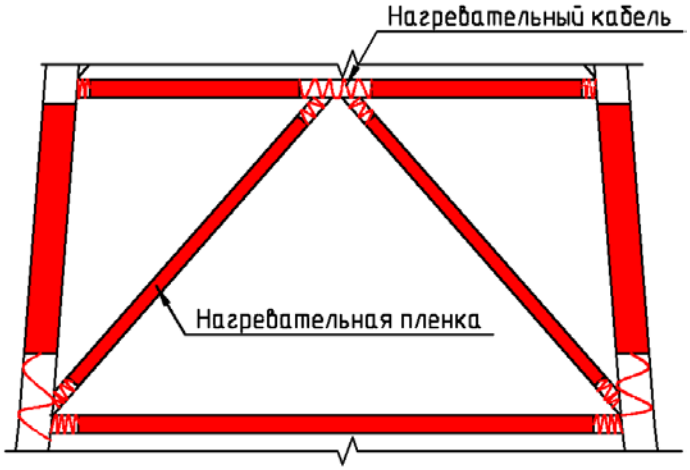


Рис. 4. Способ реализации системы обогрева шпиля высотного сооружения

Принципиальная схема управления указанной антиобледенительной системой представлена на рис. 5. Система состоит из главного щита управления, подключенного в систему управления инженерными системами здания башни. Возможна автоматизированная система управления нагревом по сигналам от датчиков температуры, установленных на поверхности элементов конструкции шпиля, или в ручном режиме, по заданному значению мощности из операторной здания.

Каждый ярус предлагается оборудовать индивидуальным распределительным щитом, позволяющим по заданному графику подавать напряжение на отдельные ярусы шпиля.

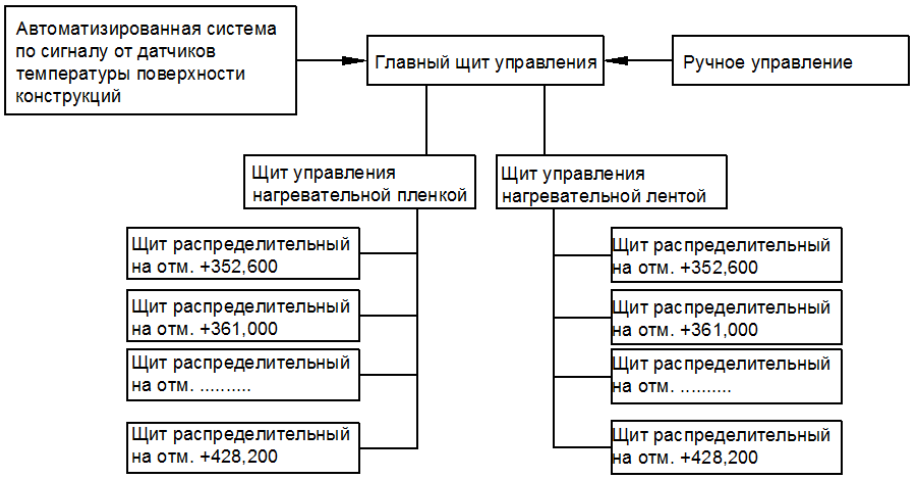


Рис. 5. Принципиальная схема управления/питания антиобледенительной системы

Полученные результаты позволяют разработать противообледенительную систему, отличающуюся удобством монтажа и эксплуатации, надежностью и оптимальными энергозатратами.

Литература

1. Адамсон А.В. Физическая химия поверхности. – М.: Мир, 1979. – 265 с.
2. Бирюк В.В., Николаева О.Н., Шепелев А.И. Исследование методов защиты поверхности криогенных баков от образования льда // Журнал Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2009. – № 3–2. – С. 80–84.
3. Гольдштейн Р.В., Епифанов В.П. К измерению адгезии льда к другим материалам // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Серия: механика. – 2011. – № 2. – С. 28–41.
4. Гольдштейн Р.В., Епифанов В.П. Адгезионная прочность гололедных отложений на элементах металлических конструкций // Вестник НГУ. Серия: математика, механика, информатика. – 2012. – Т. 12(4). – С. 21–40.
5. Горохов Е.В., Васылев В.Н., Алехин А.М. Методика имитации гололеда на несущие профили антенных опор в климатической камере // Металлические конструкции. – 2010. – № 16. – С. 123–133.
6. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре. Учебник для вузов по спец. «Конструир. и произв. радиоаппаратуры». – М.: Высшая школа, 1984. – 247 с.
7. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия. – М.: Высшая школа, 1990. – 245 с.
8. Клинов Ф.Я. Изморозь и гололед в нижнем 500-метровом слое атмосферы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 140 с.
9. Коваленко Ю.А., Ермилов А.Н., Алехина В.И., Королев Д.С. Использование электронагревателей на основе тканых углеграфитовых материалов для борьбы с обледенением антенн СВЧ-диапазона // Электронная техника. Серия 1: СВЧ-техника. – 2010. – № 4. – С. 76–82.
10. Куров А.Б. Разработка методов и устройств для определения характеристик гололедно-изморозевых отложений: диссерт. к.т.н. – СПб, 2011. – 144 с.
11. Лапшин В.Б., Жохова Н.В., Палей А.А. Исследования фазовых превращений воды // Труды Государственного океанографического института. – 2008. – № 211. – С. 445–452.
12. Лапшин В.Б., Палей А.А., Жохова Н.В., Соколова В.А., Смирнов А.Н., Балышев А.В. Экспериментальные методы исследования методов защиты от обледенения // Исследовано в России. – С. 1118–1130.
13. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – М.: Гидрометеоиздат, 1976. – 875 с.
14. Минуллин Р.Г. Обнаружение гололедных образований на линиях электропередачи локационным зондированием. – Казань: Изд-во КГЭУ, 2010. – 207 с.
15. Приходько А.А., Алексеенко С.В. Обледенение аэродинамических поверхностей: условия возникновения и методики расчета // Журнал Национального аэрокосмического университета им. Жуковского. – 2012. – С. 37–47.
16. МДС 20-1.2006 Временные рекомендации по назначению нагрузок и воздействий, действующих на многофункциональные высотные здания и комплексы в Москве. – Введ. 26.07.2006. – М.: ФГУП «НИЦ «Строительство», 2006. – 30 с.
17. Рыжкова М.Н. Применение СВЧ-энергии для борьбы с наледообразованием // Методы и устройства передачи и обработки информации. – 2006. – № 7. – С. 21–26.

18. Рыхлов А.Б. Оценка параметров законов распределения средней скорости ветра с высотой в приземном слое атмосферы на юго-востоке европейской части России для решения задач ветроэнергетики // Изв. Саратовского университета. – 2011. – Т. 11(2). – С. 27–34.
19. СТБ ISO 12494-2009 Обледенение строительных конструкций в результате атмосферного воздействия. – Введ. 01.01.2010. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь. – 2009. – 144 с.
20. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия. – Введ. 01.01.1987. – М., 2005. – 48 с.
21. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99*. – Введ. 01.01.2013. – М.: Минрегион России, 2012. – 109 с.
22. Шорина Н.С., Смогунов В.В. Проблема обледенения и краткий обзор современных методов борьбы с ним // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – 2010. – Т. 2. – С. 91–93.
23. Kleissl K., Georgakis C.T. Bridge ice accretion and de- and anti-icing systems: A review. // Part of: The 7th Internation Cable Supported Bridge Operators' Conference, Proceedings. – 2010. – V. 227. – P. 161–167.
24. Makkonen L. Estimating Intensity of Atmospheric Ice Accretion on Stationary Structures // Journal of Applied Meteorology. – 1981. – V. 20. – № 5. – P. 595–600.
25. Petrenko V.F. at el. Pulse electro-thermal de-icer (PETD) // Cold Regions Science and Technology. – 2011. – V. 65. – P. 70–78.
26. Tower icing and sheding [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://archive.rcgov.org/pc20031218/01UR042rev/01ur042towerice.pdf, своб.

Демидов Даниил Валентинович
Год рождения: 1989
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6111
Направление подготовки: 230100 – Вычислительные системы и сети
e-mail: daniil.demidov@gmail.com

УДК 004-052-2/-3/-42; 519-217-2

МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ

Д.В. Демидов
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Богатырёв

В настоящее время, в связи с распространением систем управления критического применения, возросло внимание к вопросам оценки важнейших характеристик таких систем – надежности и безопасности. Данный интерес подтверждается не только публикационной активностью [1–3], но и введением ряда ГОСТов по функциональной безопасности [4, 5]. Примерами систем управления критического применения могут служить системы управления железнодорожным и воздушным транспортом, атомными и гидроэлектростанциями, машинами и агрегатами на опасных производствах и др. Общими требованиями для данных систем являются:

1. высокая живучесть;
2. высокая достоверность результатов вычислений (устойчивость к сбоям);
3. жесткие ограничения на время реакции системы.

Методы составления расписаний, применяемые обычно при проектировании систем реального времени, для данных систем не позволяют гарантировать непревышение ограничения на время реакции системы, ввиду наличия первых двух требований. Таким образом, для оценки безопасности рассматриваемых систем необходимо применять модели надежности. Однако существующие модели имеют невысокую точность оценки вероятности превышения ограничения на время реакции системы. Также существующие модели имеют некоторые общеинженерные проблемы, такие как плохая масштабируемость и расширяемость, что ограничивает их применимость к сложным системам, и снижает тем самым их практическую ценность.

В работе была поставлена **цель**, сформировать подход к построению моделей надежности, позволяющий:

- производить более точную оценку вероятности превышения ограничения на время реакции системы, увеличивая тем самым точность оценки безопасности рассматриваемых систем;
- улучшить масштабируемость и расширяемость моделей;
- автоматизировать процесс построения и расчета моделей, увеличив тем самым их практическую ценность.

Объектом исследования работы являются многомашинные вычислительные комплексы, состоящего из n ЭВМ и коммутатора, позволяющего организовывать косвенные связи между процессорным модулем и модулем памяти разных ЭВМ комплекса. Была принята следующая формализация объекта исследования:

- пусть конфигурация комплекса – состояние, описываемое совокупностью признаков работоспособности/неработоспособности отдельных компонентов комплекса, тогда при заданной конфигурации комплекс представляется многоканальной системой массового обслуживания (СМО);
- каналы СМО обслуживают поток задач интенсивности λ_t с интенсивностью μ_t, если они представляют пару процессорного модуля и модуля памяти, связанную непосредственно, и с интенсивностью $\alpha \cdot \mu_t$, если они представляют пару, связанную косвенно (через коммутатор), где $\alpha \in [0,1)$ определяет накладные расходы на организацию косвенной связи;
- смена конфигурации комплекса (вследствие отказа или восстановления одного из компонентов комплекса) описывается марковским процессом.

В соответствии с данной формализацией, построение модели рассматриваемой системы можно разбить на следующие этапы:

- выбор способа кодирования состояний марковской модели реконфигурации комплекса;
- описание переходов марковской модели реконфигурации;
- расчет вероятности превышения ограничения на время реакции системы на основе решенной модели реконфигурации и известных соотношений из теории массового обслуживания.

В работе был обобщен опыт построения марковских моделей (в том числе личный опыт автора), на основе чего сформирован набор рекомендаций по выбору способа кодирования состояний, позволяющих значительно облегчить дальнейшие этапы построения модели.

Первая рекомендация. Выбор способа кодирования состояний должен определяться в первую очередь простотой расчета искомых характеристик системы в данном состоянии по коду состояния. Данный принцип хорошо иллюстрирует рис. 1, демонстрирующий соответствие структурной схемы комплекса (коммутатор опущен для простоты) двум альтернативным способам кодирования. Слева от структурной

схемы показан базовый способ кодирования, представляющий собой пару векторов $\vec{P}$ и $\vec{M}$ содержащих n нулей и единиц, где единицы обозначают работоспособность соответствующих компонентов комплекса, а нули – неработоспособность. Справа от структурной схемы показан использованный в работе способ кодирования, представляющий собой тройку $\langle i, j, k \rangle$, где i – количество каналов, представляющих непосредственно связанные процессорный модуль и модуль памяти; j – количество каналов, представляющих косвенно связанные процессорный модуль и модуль памяти; k – количество работоспособных модулей памяти. Базовый способ кодирования легко понять и с помощью него очень легко описывать переходы-отказы. Однако по базовому коду состояния нелегко определить характеристики системы как многоканальной СМО, в то время как использованные в работе коды состояний непосредственно содержат всю необходимую информацию.

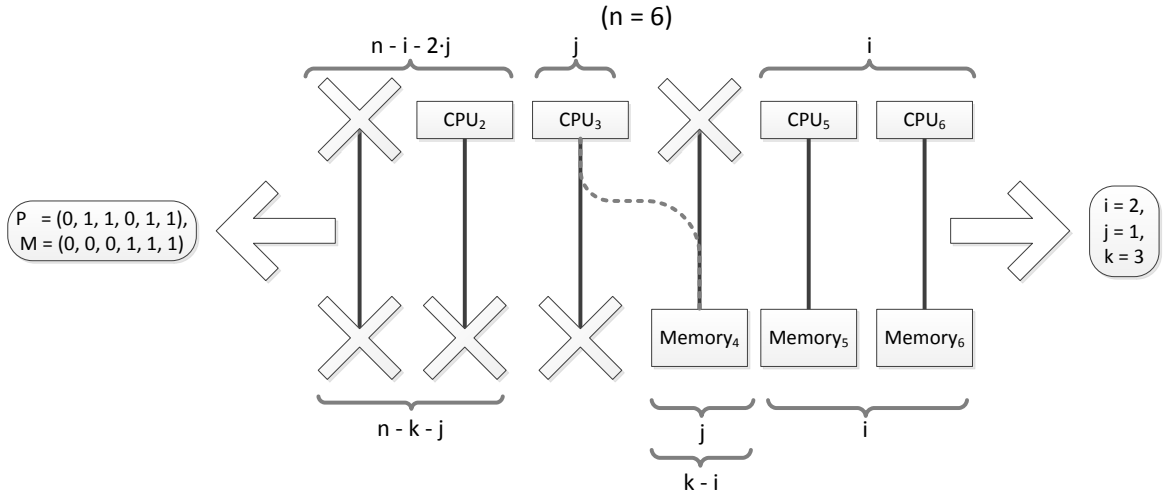


Рис. 1. Соответствие структурной схемы комплекса двум альтернативным способам кодирования

Вторая рекомендация. Состояния, имеющие одинаковое влияние на искомые характеристики модели должны либо совпадать (иметь одинаковое кодирование), либо иметь схожие отличительные признаки, позволяющие легко выделить их среди других состояний.

Третья рекомендация. Моделируемую систему следует представить в виде нескольких параллельно протекающих процессов, при этом в описании каждого процесса может учувствовать не весь код состояния, но подмножество его полей. Необходимо минимизировать пересечение данных подмножеств полей кода состояния.

Также в работе проанализированы недостатки классических способов описания переходов марковских моделей (графов и матриц переходов), предложен новый способ – деревья правил переходов, позволяющий решить проблемы плохой масштабируемости и расширяемости. Правило перехода представляет собой тройку $\langle S, \Lambda, T \rangle(\vec{v})$ выражений, зависящих от общего набора переменных $\vec{v}$, где выражения $S(\vec{v})$ и $T(\vec{v})$ обозначают начальное и конечное состояния системы (используя принятый способ кодирования) при переходе соответственно, а выражение $\Lambda(\vec{v})$ задает интенсивность перехода. Правила переходов обладают высокой гибкостью, и позволяют компактно описывать семейства марковских моделей с переменным количеством состояний очень высокой сложности. Автор также предлагает объединять правила переходов в наборы, описывающие один процесс, протекающий в модели (см.

третью рекомендацию по выбору способа кодирования состояний), и изображать такие наборы в виде деревьев (рис. 2), где:

- корень дерева помечен выражением, задающим начальное состояние;
- дуги, инцидентные корню дерева, задают интенсивности потоков событий;
- листья дерева помечены выражениями, задающими конечные состояния;
- промежуточные вершины задают либо стохастическое (вероятностное, обозначены темными ромбами на рис. 2) либо детерминированное (по условию, обозначены светлыми ромбами на рис. 2) деление потока событий.

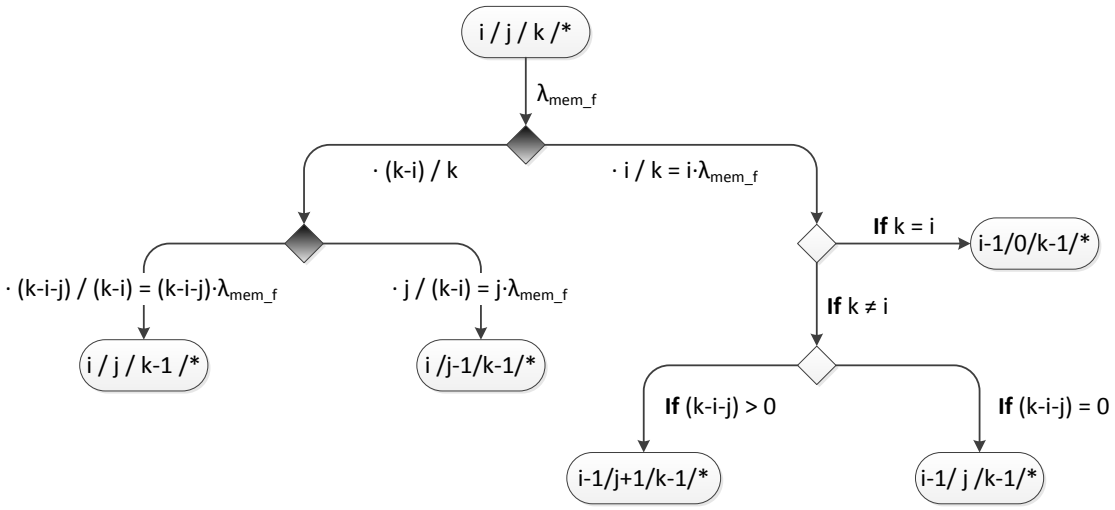


Рис. 2. Дерево правил переходов для событий отказов модулей памяти

Кроме того, в работе выявлен основной фактор, определяющий неточность классического способа оценки вероятности превышения ограничения на время реакции системы [3] – отсутствие учета накопления задач во время восстановления комплекса из неработоспособного состояния. Автором был предложен способ устранения данного недостатка путем расширения марковской модели реконфигурации, что, благодаря выбранному способу кодирования состояний и описания переходов, достигается добавлением одного поля в код состояния и добавлением двух правил переходов (рис. 3).

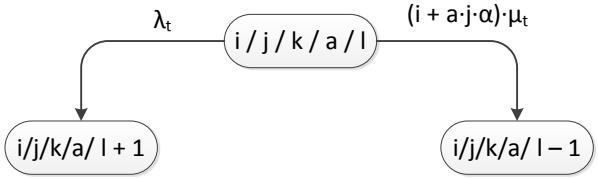


Рис. 3. Расширение марковской модели реконфигурации

В ходе выполнения работы достигнуты следующие результаты:

- сформирован набор рекомендаций по выбору способа кодирования состояний марковской модели, позволяющих облегчить построение модели;
- предложен новый способ описания переходов марковских моделей, позволяющий решить проблемы плохой масштабируемости и расширяемости;
- предложен способ более точной оценки вероятности превышения ограничения на время реакции системы, что позволяет повысить точность оценки безопасности систем управления критического применения;
- все предложенные методики проверены на практике при построении 12 моделей и оценке по ним функциональной безопасности, продемонстрирована целесообразность применения предложенных методик;
- были реализованы средства автоматизации построения и расчета марковских моделей с применением предложенных методик.

Литература

1. Колбин И. Архитектура Marathon Assured Availability // BYTE/Россия – М. ITRN, 2003. – № 3(55) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.bytemag.ru/articles/detail.php?ID=8530, своб.
2. Чернов В.Ю., Никитин В.Г., Попов Ю.П. Надежность авиационных приборов и измерительно-вычислительных комплексов. – СПб: СПбГУАП, 2004. – 95 с.
3. Голубев И.Ю., Богатырев В.А., Беззубов В.Ф. Сравнительный анализ структур отказоустойчивых дублированных вычислительных комплексов // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2011. – Т. 9(2). – С. 8–12.
4. ГОСТ Р МЭК 61508-3-2007. Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 3. Требования к программному обеспечению. – Введ. 01.08.2008. – М.: Стандартинформ, 2008. – 42 с.
5. ГОСТ Р 54505-2011. Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте. – Введ. 01.08.2012. – М.: Стандартинформ, 2012. – 40 с.

Долнакова Александра Сергеевна
Год рождения: 1990
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра информационно-навигационных систем,
группа № 6163
Направление подготовки: 220400 – Управление движением и навигация
e-mail: dolnakova1@yandex.ru

УДК 531.77

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ФИЛЬТРАЦИИ В ЗАДАЧЕ ОЦЕНИВАНИЯ СКОРОСТИ В ДОПЛЕРОВСКОМ ЛАГЕ

А.С. Долнакова
Научный руководитель – д.т.н., профессор О.А. Степанов

Одним из наиболее важных навигационных параметров является скорость морского подвижного объекта.

Для определения скорости движения объектов в море используют различные средства: лаги, радионавигационные наземные и спутниковые системы, и т.п. [1]. Радионавигационные и спутниковые системы не работоспособны при нахождении объекта под водой и в период воздействия радиопомех. В соответствии с международными стандартами по навигации на каждом морском подвижном объекте с валовой вместимостью свыше 300 тонн должен быть установлен лаг [2]. Лаги бывают различных типов: индукционные, гидродинамические, гидроакустические и т.п. [1]. Наиболее точными являются гидроакустические лаги – их обычно устанавливают на морские подвижные объекты, к которым предъявляются повышенные требования к точности определения местоположения и позиционирования. В настоящее время ввиду относительной простоты широкое распространение получили гидроакустические доплеровские лаги, имеющие возможность определения как абсолютной, так и относительной скорости движения морского подвижного объекта.

Известно [1], что скорость в доплеровском лаге связана со сдвигом частоты эхосигнала, следовательно, задача оценивания скорости морского подвижного объекта может быть сведена к задаче оценивания информативного параметра эхосигнала – доплеровского сдвига частоты.

Существует ряд известных алгоритмов оценивания доплеровского сдвига частоты эхосигнала, которые нашли свое применение в измерителях скорости. Следовательно, возникает проблема их сопоставления. Принципиальная возможность объективного сопоставления алгоритмов появляется в случае, если задача оценивания информативного параметра эхосигнала решается с позиции теории фильтрации. Такой подход, в частности, создает возможность получения нижней границы точности оценивания искомых параметров, которая может быть полезной при сопоставлении алгоритмов. Вместе с тем следует отметить, что особенность задачи оценивания сдвига, формулируемой в рамках теории нелинейной фильтрации, заключается в нелинейном ее характере, что существенно усложняет решение проблемы синтеза алгоритмов и анализа их точности. В частности, возникают определенные трудности при нахождении нижней границы точности.

Цель работы – исследование особенностей алгоритмов фильтрации в задаче оценивания скорости в доплеровском лаге с позиции нелинейной фильтрации и получение алгоритма вычисления нижней границы точности по Рао–Крамеру.

Задача определения скорости объекта путем оценивания доплеровского сдвига частоты $\omega_Д$ отраженного сигнала, излученного передающим устройством на частоте $\omega_И$, подробно исследована в литературе [3–5] и реализована в гидроакустических системах морских объектов и радиотехнических системах для летательных аппаратов. Эту задачу можно решать как в частотной, так и во временной областях. Классификация известных подходов к отысканию доплеровского сдвига частоты представлена в табл. 1 [6].

Таблица 1. Классификация методов оценки скорости объекта в доплеровских системах

Область решения	Метод
Частотная	Метод определения максимума спектра эхосигнала [3, 7]
	Метод фильтрации узкополосными фильтрами [1, 3, 8]
	Метод максимального правдоподобия при использовании периодограммы [3, 9]
	Поиск максимума свертки ожидаемого и принятого спектра [3, 10]
Временная	Метод счета нулей [1, 5, 3]
	Метод максимального правдоподобия при использовании оценки корреляционной функции (КФ) эхосигнала [3, 9]

Частотные подходы оценивания доплеровского сдвига частоты заключаются в вычислении преобразования Фурье реализации эхосигнала. Их существенным недостатком является несостоятельность оценки спектральной плотности (СП) по одной реализации, вследствие чего необходим набор реализаций, по которым производится усреднение для сглаживания оценки СП. Необходимость усреднения влечет за собой увеличение времени сбора данных, что, в свою очередь, делает невозможным предположение о постоянстве скорости за время решения задачи оценки.

В случае использования оценки КФ эхосигнала в методе максимального правдоподобия во временной области существует трудность с получением качественной оценки КФ, связанная с ростом ошибки оценки при возрастании ее аргумента τ, приемлемый результат может быть достигнут только при нереализуемом на практике допущении $T \to \infty$ или, опять же, путем осреднения по набору реализаций.

Сведем задачу оценивания скорости к задаче оценивания параметров случайного процесса, описывающего сдвиг частоты.

Рассмотренные методы основаны на том, что свойства стационарного процесса описываются с помощью КФ, либо СП. Однако то же самое может быть сделано и с использованием формирующего фильтра (ФФ), задающего дифференциальное уравнение для реализаций процесса.

Будем считать, что исследуемый процесс $z(t)$ является узкополосным стационарным случайным процессом с заданной КФ вида [3]:

$$k(\tau) = \sigma^2 e^{-\alpha|\tau|} \cos\beta\tau, \qquad (1)$$

где σ^2 – дисперсия процесса; α и β – параметры модели, определяющие ширину и центральную частоту СП соответственно.

Этой КФ соответствует СП вида:

$$S(\omega) = \frac{2\sigma^2\alpha\left(\omega^2 + \alpha^2 + \beta^2\right)}{\left(\omega^2 - \alpha^2 - \beta^2\right)^2 + 4\omega^2\alpha^2}. \qquad (2)$$

Сформулируем задачу определения параметра $\beta=\omega_Д$ как задачу нелинейной фильтрации. Для этого введем β в расширенный вектор состояния как $x_3=\beta$. Тогда очевидно, что задача становится нелинейной. Проанализируем особенности задачи нелинейной фильтрации при использования различных ФФ (табл. 2) для заданной КФ вида (1).

Таблица 2. Различные виды ФФ

	Каноническая наблюдаемая форма	Каноническая управляемая форма	Предлагаемая форма
Матрицы A, B, C	$A=\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\left(\alpha^2+\beta^2\right) & -2\alpha \end{bmatrix}$ $B=\begin{bmatrix} \sqrt{2\alpha\sigma^2} \\ \sqrt{2\alpha\sigma^2}\left(\sqrt{\alpha^2+\beta^2}-2\alpha\right) \end{bmatrix}$ $C=\begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}$	$A=\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -(\alpha^2+\beta^2) & -2\alpha \end{bmatrix}$ $B=\begin{bmatrix}0\\1\end{bmatrix}$ $C=\sqrt{2\alpha\sigma^2}\begin{bmatrix}\sqrt{\alpha^2+\beta^2} & 1\end{bmatrix}$	$A=\begin{bmatrix} -\alpha & 0 \\ 0 & -\alpha \end{bmatrix}$ $B=\begin{bmatrix} \sqrt{2\alpha\sigma^2} & 0 \\ 0 & \sqrt{2\alpha\sigma^2} \end{bmatrix}$ $C=\begin{bmatrix}\cos\beta t & \sin\beta t\end{bmatrix}$
Матрица ковариаций	$P(0)=\begin{bmatrix} \sigma^2 & -\alpha\sigma^2 \\ -\alpha\sigma^2 & \sigma^2\left(3\alpha^2+\beta^2-2\alpha\sqrt{\alpha^2+\beta^2}\right) \end{bmatrix}$	$P(0)=\begin{bmatrix} \frac{\sigma^2}{2(\alpha^2+\beta^2)} & 0 \\ 0 & \frac{\sigma^2}{2} \end{bmatrix}$	$P(0)=\begin{bmatrix} \sigma^2 & 0 \\ 0 & \sigma^2 \end{bmatrix}$
Измерения	$y(t)=z(t)+\nu(t)=$ $=x_1(t)+\nu(t)$	$y(t)=z(t)+\nu(t)=$ $=\sqrt{2\alpha\sigma^2}\sqrt{\alpha^2+\beta^2}x_1(t)+$ $+\sqrt{2\alpha\sigma^2}x_2(t)+\nu(t)$	$y(t)=z(t)+\nu(t)=$ $=x_1(t)\cos\beta t+$ $+x_2(t)\sin\beta t+\nu(t)$

	Каноническая наблюдаемая форма	Каноническая управляемая форма	Предлагаемая форма
Формирующий фильтр	$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 + \sqrt{2\alpha\sigma^2}\, w \\ \dot{x}_2 = -\left(\alpha^2 + x_3^{\,2}\right) x_1 - 2\alpha x_2 + \\ + \sqrt{2\alpha\sigma^2}\left(\sqrt{\alpha^2 + x_3^{\,2}} - 2\alpha\right) w \\ \dot{x}_3 = 0 \\ z = x_1 \end{cases}$	$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = -(\alpha^2 + x_3^{\,2}) x_1 - 2\alpha x_2 + w \\ \dot{x}_3 = 0 \\ z = \sqrt{2\alpha\sigma^2}\left(\sqrt{\alpha^2 + x_3^{\,2}}\, x_1 + x_2\right) \end{cases}$	$\begin{cases} \dot{x}_1 = -\alpha x_1 + \sqrt{2\alpha\sigma^2}\, w_1(t) \\ \dot{x}_2 = -\alpha x_2 + \sqrt{2\alpha\sigma^2}\, w_2(t) \\ \dot{x}_3 = 0 \\ z = x_1(t)\cos x_3 t + \\ + x_2(t)\sin x_3 t \end{cases}$

Отличительной особенностью задачи при использовании канонической наблюдаемой формы является наличие нелинейности в уравнении для вектора состояния, тогда как уравнение для измерений – линейное, а кроме того начальная матрица ковариаций зависит от искомого параметра. Весьма важная особенность заключается в том, что коэффициент при порождающем шуме зависит от неизвестного параметра. Кроме этого, следует отметить, что по этим измерениям параметр ненаблюдаемый.

В канонической управляемой форме, также как и в предыдущей, имеется нелинейность в уравнениях для вектора состояния при нелинейных измерениях, также можно отметить независимость коэффициента при порождающем шуме и зависимость матрицы ковариаций от оцениваемого параметра β.

Особенность постановки задачи нелинейной фильтрации с использованием третьего ФФ заключается в нелинейном характере измерений при линейном виде уравнений для вектора состояния и отсутствии зависимости начальной матрицы ковариаций от оцениваемых параметров.

Приведем результаты математического моделирования работы двух методов оценивания скорости в доплеровском лаге: метода многоальтернативной фильтрации и метода максимума свертки ожидаемого и принятого спектров, являющегося наиболее точным из рассмотренных ранее.

На рис. 1 представлены результаты математического моделирования при следующих условиях: диапазон скоростей 4,5–5,5 уз.; шаг дискретизации получения оценок 0,1 уз.; длина реализации 1 с; заданная скорость 4,7 уз. (3 альтернатива).

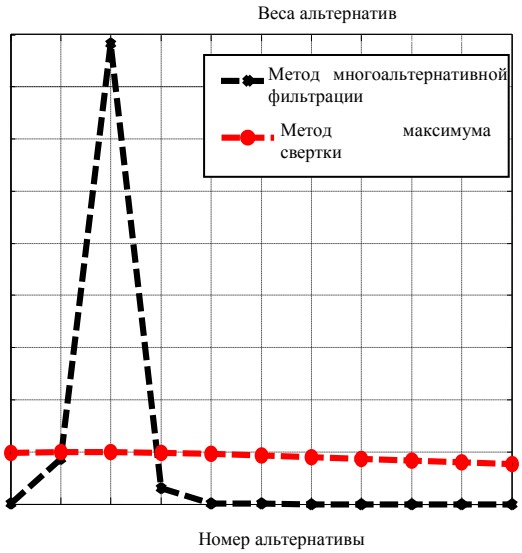


Рис. 1. Веса альтернатив метода многоальтернативной фильтрации и метода максимума свертки

Из результатов, представленных на рис. 1 видно, что метод многоальтернативной фильтрации обладает большей чувствительностью к изменению номера гипотезы, нежели метода максимума свертки. Однако метод многоальтернативной фильтрации не обеспечивает получения аналитических выражений, которые могут быть полезны при анализе точности. Для этих целей может быть использована нижняя граница точности по Рао–Крамеру.

Обсудим более подробно рассматриваемую задачу в случае, когда для ее решения используется третий ФФ. Тогда в дискретной форме задача нелинейной фильтрации будет заключаться в определении оценки вектора состояния, описываемого в виде:

$$\begin{cases} x_{1i} = ax_{1i-1} + bw_{1i}, \\ x_{2i} = ax_{2i-1} + bw_{2i}, \\ x_{3i} = \beta \end{cases} \quad (3)$$

по измерениям:

$$y_i = x_{1i}\cos\left(i\Delta t\beta\right) + x_{2i}\sin\left(i\Delta t\beta\right) + \nu_i, \quad (4)$$

где $a = e^{-\alpha\Delta t}$, $b = \dfrac{\sqrt{2\sigma_x^2\alpha}}{\alpha}(1 - e^{-\alpha\Delta t})$.

Матрица, характеризующая нижнюю границу точности в рассматриваемой задаче оценивания представляет собой матрицу, стоящую в левой части неравенства Рао–Крамера, записываемого в виде:

$$M\left[(\tilde{x}_i - \hat{\tilde{x}}_i)(\tilde{x}_i - \hat{\tilde{x}}_i)^T\right] \geq J_i^{-1}, \quad (5)$$

где J_i определяется как

$$J_i^{-1} = M\left[\frac{d\ln f(\tilde{x}_i, Y_i)}{d\tilde{x}_i}\left(\frac{d\ln f(\tilde{x}_i, Y_i)}{d\tilde{x}_i}\right)^T\right]. \quad (6)$$

В этих соотношениях M – знак математического ожидания; $Y_i = (y_1, y_2, ..., y_i)^T$ – набор измерений, накопленных к текущему шагу.

Заметим, что поскольку в этой постановке нет зависимости коэффициентов при порождающих шумах от оцениваемых параметров, то в этом случае для нахождения нижней границы можно привлечь полученные ранее рекуррентные соотношения для матрицы, характеризующей нижнюю границу.

В общем случае рекуррентные формулы для вычисления нижней границы точности по Рао–Крамеру, соответствующие такой задаче, можно записать в виде [11, 12]:

$$J_i = P_i^{-1} + \delta s_i, \quad \delta s_i = M_{x_i}(\dot{s}_i^{\mathrm{T}}(\tilde{x}_i)R_i^{-1}\dot{s}_i(\tilde{x}_i)) - H_i^{\mathrm{T}}R_i^{-1}H_i, \quad (7)$$

$$P_i = P_i^* - P_i^* H_i^{\mathrm{T}}(H_i P_i^* H_i^{\mathrm{T}} + R_{i-1})^{-1} H_i P_i^*, \quad P_i^* = \Phi_i P_{i-1}\Phi_i^{\mathrm{T}} + Q_i, \quad (8)$$

$$P_{i-1} = (J_{i-1})^{-1}, J_0 = P_0, \quad (9)$$

где $H_i = M_{x_i}(\dot{s}(\tilde{x}_i))$; $\dot{s}(\tilde{x}_i) = \dfrac{\partial s(\tilde{x})}{\partial x}$.

Для вычисления нижней границы для величины β получено следующее выражение [11]:

$$J_{i,\beta} = \frac{1}{\sigma_\beta^2} + \sum_{j=1}^{i} \frac{j^2\Delta t^2\left(b^2\sigma_w^2\dfrac{1-a^{2j}}{1-a^2} + a^{2j}\sigma_x^2\right)}{\sigma_\nu^2}. \quad (10)$$

Приведем результаты расчета нижней границы точности для величины β, используя полученное соотношение и принимая следующие исходные данные [11]:

$$\sigma_x = 10,\ \sigma_v = 1,\ \overline{\beta} = 1,65\times 10^4 (2630\text{Гц}),\ \sigma_\beta = 0,1\alpha\frac{\overline{\beta}^2}{\alpha^2+\overline{\beta}^2},\ \alpha = 157(25\text{Гц}),\ \sigma_w = \sqrt{1/\Delta t},$$

$$\Delta t = 1/25500,\ a = e^{-\alpha\Delta t},\ b = \frac{\sqrt{2\sigma_x^2\alpha}}{\alpha}(1-e^{-\alpha\Delta t}).$$

Результаты приведены на рис. 2.

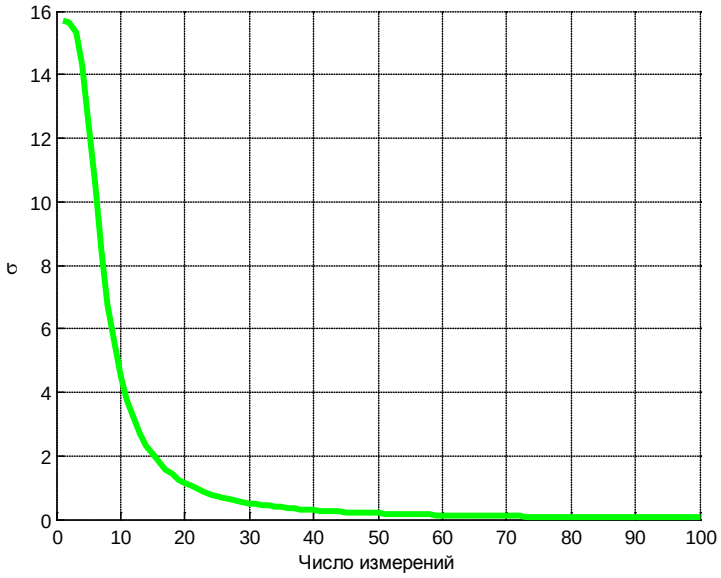


Рис. 2. Численные результаты расчета нижней границы

В ходе выполнения работы проведен обзор традиционных алгоритмов оценивания доплеровского сдвига частоты эхосигнала, предложены три вида ФФ и для каждого из них задача определения доплеровского сдвига сформулирована в рамках теории нелинейной фильтрации. Проанализированы особенности каждой из постановок задачи, в частности, показано, что в случае применения наблюдаемой и управляемой канонических форм для ФФ, особенность получаемой задачи нелинейной фильтрации заключается в нелинейности уравнений для вектора состояния и отсутствии непосредственной зависимости измерений от оцениваемых параметров. Особенность задачи нелинейной фильтрации, в которой используется ФФ на основе линейной комбинации двух марковских процессов первого порядка, заключается в том, что нет зависимости от искомого параметра коэффициента при порождающем шуме и, кроме того, имеется явная зависимость измерений от оцениваемых параметров. Проиллюстрированы преимущества использования алгоритма многоальтернативной фильтрации для оценивания доплеровского сдвига частоты эхосигнала на основе его сопоставления с одним из традиционных алгоритмов. Сформулирована задача нахождения нижней границы точности по Рао–Крамеру при оценивании параметров узкополосного процесса. Получены рекуррентные соотношения для нижней границы, определяющие зависимость точности оценивания от числа измерений, величины интервала корреляции и дисперсии процесса, а также уровня ошибок измерений. Представлен пример расчета нижней границы точности.

Литература

1. Виноградов К.А. и др. Абсолютные и относительные лаги. Справочник. – Л.: Судостроение, 1990. – 264 с.

2. Российский Морской Регистр Судоходства [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.rs-class.org/ru/, своб.
3. Соколов А.И. Метод многоальтернативной фильтрации эхосигнала при оценивании скорости в доплеровском лаге. Диссерт. к.т.н. – СПб: ЦНИИ «Электроприбор», 2009. – 107 с.
4. Корякин Ю.А., Смирнов С.А., Яковлев Г.В. Корабельная гидроакустическая техника. – СПб: Наука, 2004. – 410 с.
5. Бородин В.И., Смирнов Г.Е., Толстякова Н.А., Яковлев Г.В. Гидроакустические навигационные средства. – Л.: Судостроение, 1983. – 262 с.
6. Соколов А.И. Многоальтернативная фильтрация в задаче определения доплеровского сдвига частоты, оценка точности и чувствительности // Сб. трудов X конференции молодых ученых. – СПб: ГНЦ РФ – ЦНИИ «Электроприбор», 2008.
7. Соколов А.И. Применение метода спектрального анализа при определении скорости по данным гидроакустического лага // Сб. трудов VII конференции молодых ученых. – СПб: ГНЦ РФ – ЦНИИ «Электроприбор», 2005.
8. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных: пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 540 с.
9. Полканов К.И., Лоскутова Г.В. Пространственно-частотные и частотно-волновые методы описания и обработки гидроакустических полей. – СПб: Наука, 2007. – 280 с.
10. Ермаков С.Ю., Платонов Б.А., Смирнов А.С. Методы повышения точности при создании гидроакустических лагов и эхолотов // Морская газета. – СПб: Оборонный заказ. – 2007. – № 14.
11. Stepanov O.A., Vasiliev V.A., Dolnakova A.S. Cramer-Rao Lower Bound for Parameters of Random Processes in Navigation Data Processing // 21st Mediterranean Conference on Control and Automation. – 2013 (в печати).
12. Степанов О.А. Применение теории нелинейной фильтрации в задачах обработки навигационной информации. – СПб: ЦНИИ «Электроприбор», 2003. – 370 с.

Иванова Ольга Владимировна
Год рождения: 1990
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевых технологий, кафедра технологии молока и пищевой биотехнологии, группа № и6БПП
Направление: 260200 – Продукты питания животного происхождения
e-mail: olka30690@rambler.ru

УДК 637.146.3/663.05

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БЕЛКОВЫХ ПРЕПАРАТОВ И ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ ГЛЮКОНО-ДЕЛЬТА-ЛАКТОНА НА КАЧЕСТВО И ВЫХОД ТВОРОГА

О.В. Иванова
Научный руководитель – д.т.н., профессор Л.А. Забодалова

Желание выпускать конкурентоспособный по цене и качеству продукт приводит производителя к поиску инновационных решений, апробации различных технологий и ингредиентов. В связи с этим в настоящее время наряду с традиционными технологиями производства творога многие предприятия успешно внедряют новые

технологии, позволяющие ускорить получение готового продукта, увеличить его выход и уменьшить себестоимость [2].

В работе проведено изучение влияния белковых препаратов и пищевой добавки глюконо-дельта-лактона (ГДЛ) на качество и выход творога.

В качестве белковых препаратов для изучения были выбраны изоляты соевого белка (ИСБ) Pro-VoDR, Pro-Vo500U, белковые добавки Фрома Q, Nutrilac® QU-7627. Согласно результатам изучения функционально-технологических свойств (ФТС) ИСБ Pro-Vo500U был исключен из дальнейшего рассмотрения в связи с недостаточной растворимостью в воде. Другие белковые препараты обладали высокими ФТС и по ряду свойств (гелеобразование, пенообразующая способность, влагоудерживающая способность) превосходили СОМ. Это подтверждало целесообразность их использования при производстве белковых продуктов, в частности, творога, в качестве компонентов, позволяющих увеличить не только выход готового продукта, но и его пищевую ценность за счет максимального сохранения белковой части перерабатываемой смеси.

При изучении влияния вида белковых препаратов на качество и выход творога объектами для исследования служили образцы обезжиренного творога с использованием ИСБ Pro-VoDR, белковой добавки Фрома Q и белкового препарата Nutrilac® QU-7627. ИСБ Pro-VoDR и белковую добавку Фрома Q вносили в количестве 1% (масс.), белковый препарат Nutrilac® QU-7627 в дозе 2; 3; 4 и 5% от массы заквашиваемой смеси.

Изучаемые образцы были выработаны по традиционной технологии производства творога кислотным способом с использованием творожной закваски ЛТт. Контролем следует считать образец обезжиренного творога, выработанный кислотным способом, без белковых препаратов.

На практике установлено, что введение белковых добавок не тормозит процесс сквашивания. Требуемая титруемая кислотность достигается за 7 ч.

При изучении изменения эффективной вязкости в процессе сквашивания выявлено, что пространственную структуру геля наиболее активно способны образовывать образцы с ИСБ Pro-VoDR, а также с белковым препаратом Nutrilac® QU-7627. Причем с увеличением дозы добавки максимальное значение эффективной вязкости растет. При этом образуется более плотный сгусток.

По окончании сквашивания проводили обработку сгустка и самопрессование, в ходе которого контролировали отделение сыворотки (рис. 1).

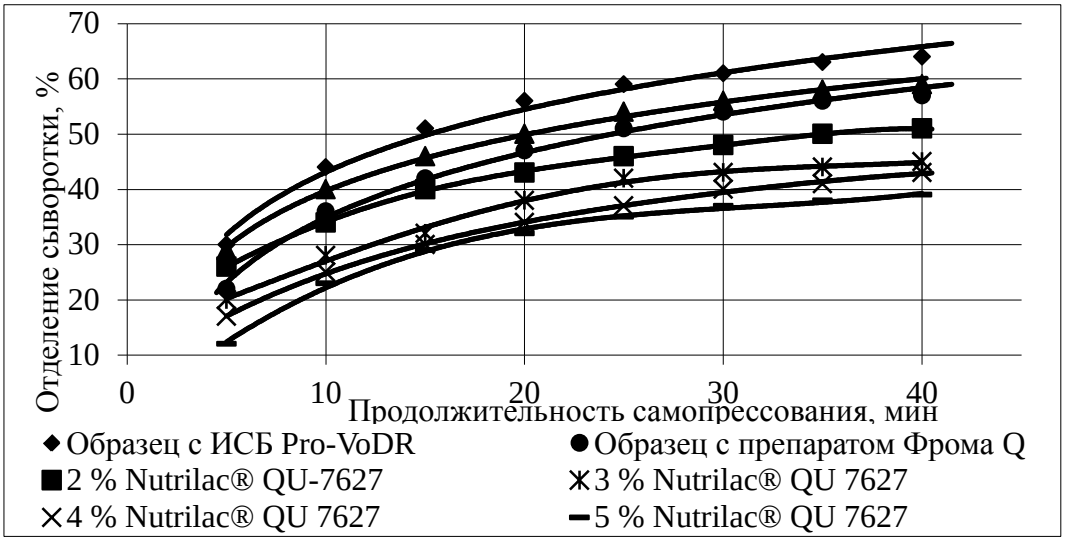


Рис. 1. Отделение сыворотки в процессе самопрессования

Как видно из рис. 1, наиболее интенсивно сыворотка выделяется в образце с ИСБ Pro-VoDR и в контроле, что является положительным фактором, поскольку одной из основных задач получения творога требуемой консистенции является выработка сгустка, хорошо отделяющего сыворотку. Процесс отделения сыворотки у образца с препаратом Фрома Q замедлен по отношению к контролю.

Также было установлено, что синеретические свойства творожного сгустка ухудшаются с увеличением дозы вводимого белкового препарата Nutrilac® QU-7627; процесс доведения образцов до стандартной массовой доли влаги осложняется; увеличиваются потери сухих веществ с сывороткой. Это связано с высокой влагосвязывающей способностью добавки.

По органолептическим, физико-химическим показателям опытные образцы соответствовали требованиям стандарта и не уступали контрольному образцу.

Для оценки эффективности технологии творога с использованием белковых препаратов была рассчитана норма расхода нормализованной смеси на выработку 1 т готового продукта. Расчеты показали, что использование ИСБ Pro-VoDR и белкового препарата Nutrilac® QU-7627 способствует значительному уменьшению расхода нормализованной смеси.

Также установлено, что рациональной дозой внесения препарата Nutrilac® QU-7627 является 2–3% от массы заквашиваемой смеси. При использовании добавки в более высокой дозировке ухудшаются синеретические свойства сгустков, процесс доведения до стандартной массовой доли влаги в продукте осложняется, продукт приобретает мазеобразную консистенцию.

Применение белкового препарата Фрома Q значительного влияния на уменьшение расхода нормализованной смеси на выработку 1 т целевого продукта не оказывает, поэтому он был исключен из рассмотрения.

Также в работе были проведены исследования по изучению влияния пищевой добавки ГДЛ на качество и выход творога.

Объектами для исследования служили 6 образцов нежирного творога с дозой ГДЛ от 0,05 до 0,30%. На практике установлено, что использование ГДЛ способствует интенсификации процесса сквашивания. При внесении добавки в количестве 0,2–0,3% (масс.) продолжительность сквашивания сокращается на 2,0–2,5 ч. Изменение титруемой кислотности в процессе сквашивания приведено на рис. 2.

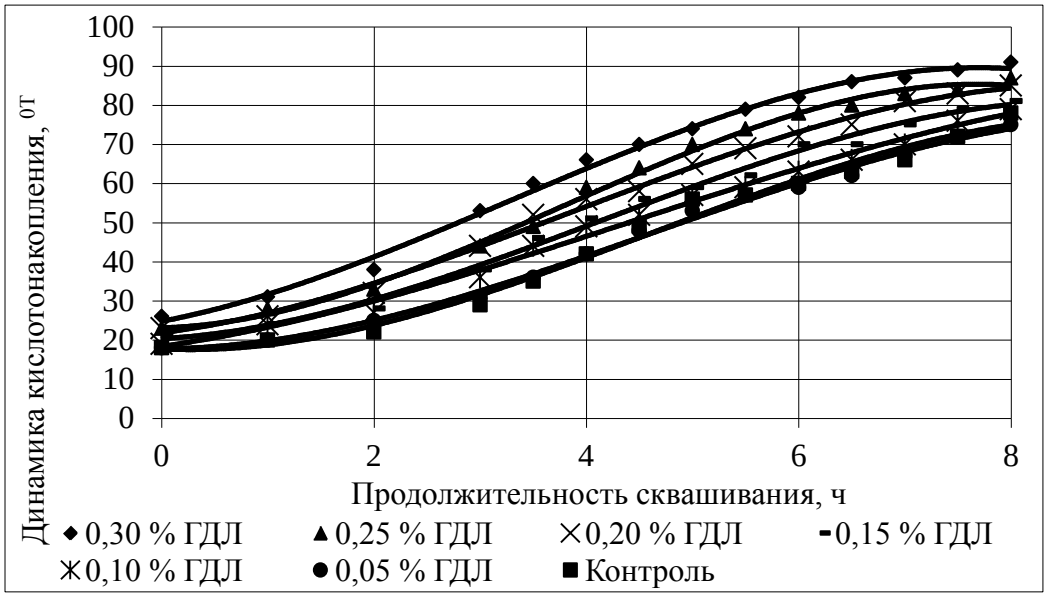


Рис. 2 Динамика кислотонакопления опытных образцов

Согласно результатам оценки органолептических свойств образец с дозой ГДЛ 0,3% (масс.) имел кислый вкус, обусловленный, очевидно, дозой внесенной добавки. Это послужило причиной исключения данного образца из дальнейшего рассмотрения. Остальные образцы не уступали контрольному и соответствовали требованиям стандарта [1]. Также было выявлено, что внесение в рецептуру ГДЛ на выход готового продукта значительного влияния не оказывает.

Таким образом, на основе полученных данных было принято решение использовать ГДЛ в дозе 0,2% (масс.), что позволяет сократить процесс сквашивания на 2 ч.

Затем было проведено исследование совместного влияния ИСБ Pro-VoDR в дозе 0,75; 1,00; 1,25% (масс.) и ГДЛ в дозе 0,2% (масс.), а также белкового препарата Nutrilac® QU-7627 в дозе 2; 3% (масс.) и ГДЛ в количестве 0,2% (масс.) на показатели качества и выход творога. Образцы вырабатывались по традиционной технологии производства творога обезжиренного кислотным способом.

Изучение кислотонакопления в процессе сквашивания показало, что нарастание титруемой кислотности опытных образцов проходит более интенсивно по сравнению с контролем. Это обусловлено использованием ГДЛ в количестве 0,2% (масс.). Продолжительность сквашивания при этом сокращается на 2 ч.

Согласно органолептической оценке все образцы соответствовали требованиям стандарта и имели более мягкую, пастообразную массу.

Оценка физико-химических свойств показала, что титруемая кислотность опытных образцов, также как и сыворотки, полученной при их выработке, несколько выше, чем у контроля, однако не превышает пределов по титруемой кислотности для обезжиренного творога.

Для образцов также были определены показатели, характеризующие устойчивость структуры к разрушению при механическом воздействии и способность ее к восстановлению (табл. 1).

Таблица 1. Структурно-механические показатели продукта

Образец	Показатели		
	Пη, %	КМС	Вη,%
Контроль	31,6	1,5	50,0
0,20% ГДЛ + 0,75% ИСБ Pro-VoDR	23,5	1,3	64,7
0,20% ГДЛ + 1,00% ИСБ Pro-VoDR	19,1	1,2	71,4
0,20% ГДЛ + 1,25% ИСБ Pro-VoDR	25,8	1,3	64,5
0,20% ГДЛ + 2% Nutrilac® QU-7627	27,7	1,3	62,5
0,20% ГДЛ + 3% Nutrilac® QU-7627	34,3	1,5	62,9

Для опытных образцов характерны меньшие значения коэффициента потерь вязкости (Пη) и коэффициента механической стабильности (КМС) и более высокие значения степени восстановления структуры (Вη) по сравнению с контрольным образцом.

На основании расчетов нормы расхода нормализованной смеси на выработку 1 т творога, установлено, что при использовании ИСБ Pro-VoDR и ГДЛ расход уменьшается на 22% по сравнению с контролем. Кроме того, изменение дозы ИСБ Pro-VoDR незначительно влияет на выход творога, поэтому можно рекомендовать к использованию дозировку 0,75–1,00% (масс.).

Использование белкового препарата Nutrilac® QU-7627 значительно сокращает норму расхода нормализованной смеси. При введении 2% добавки норма расхода уменьшается на 30%; при использовании 3% препарата – на 45%. Однако, с увеличением массовой доли данной добавки, процесс доведения массовой доли влаги в продукте до стандартного значения осложняется.

Также необходимо отметить, что введение пищевой добавки ГДЛ не оказывает влияния на качественные показатели готового продукта.

Таким образом, при производстве творога рекомендовано использовать ГДЛ 0,2% (масс.), ИСБ Pro-VoDR 0,75–1,00% (масс.), Nutrilac® QU-7627 2–3% (масс).

Применение вышеназванных белковых добавок представляет существенный интерес при выработке творога и творожных продуктов, так как это дает возможность улучшать вкус и консистенцию, увеличить его выход и уменьшить себестоимость. А применение ГДЛ позволяет интенсифицировать процесс сквашивания и, как следствие, оптимизировать использование персонала, технологических мощностей, энергозатрат и получения готового продукта требуемого качества.

Литература

1. ГОСТ Р 52096-2003. Творог. Технические условия. – Введ. 01.07.2004. – М.: Стандартинформ, 2008. – 8 с.
2. Кашеварова И.А. Творожный продукт. Увеличение выхода и сокращение затрат // Переработка молока. – 2012. – № 9. – С. 32–34.

Кривошеев Сергей Владимирович
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологий,
кафедра мехатроника, группа № 6672
Направление подготовки: 221000 – Системное моделирование в мехатронике
e-mail: krivosheev.sergey89@gmail.com

УДК 681.5.08 + 681.5.015.24

РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ПРОТЕЗА ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

С.В. Кривошеев
Научный руководитель – к.т.н., доцент С.С. Резников

С древних времен человек стремился возвратить утраченные в процессе какой-то жизненной деятельности органы, части тела и следующую из этих утрат, некоторую функциональность. Развитие качества протезов, их возможностей и способностей напрямую связано с развитием техники и научного знания. Вопросы протезирования имеют в нашей стране глубокие корни и хорошую научную базу, однако в современной истории не затрагивается вопрос о разработке протеза с интеллектуальной системой управления для повышения комфорта его использования и качества выполняемых действий. В настоящей работе была сделана попытка разработать один из элементов данной системы управления, а именно – интерфейс между культей и протезом.

Работу предлагается делить на следующие цели-этапы:

1. разработка примерного состава элементов интерфейса;
2. моделирование объекта управления;
3. выбор способа снятия показаний;
4. определение методологии;
5. снятие и анализ первых данных;
6. реализация связи полученных данных и движения объекта.

Итак, на первом этапе работы было произведено моделирование объекта протезирования. В том числе была проведена работа по изучению вопросов ампутации, нанесен визит в ФГБУ СПб НЦЭПР им. Г.А. Альбрехта, где проводилось несколько консультаций по вопросам применения различных систем управления при разных вариантах ампутации. В конечном итоге, согласно классификации предлагаемой компанией Otto Bock, было решено остановиться на случае ампутации в области лучезапястного сустава. Был разработан примерный макет руки с сохранением основных параметров, таких как габаритные размеры и углы поворота пальцев относительно друг друга. Созданная в одной из CAD-систем модель руки была импортирована в среду MATLAB-Simulink [1]. Однако для упрощения отработки алгоритмов движения было решено упростить модель и представить ее в виде манипулятора с 13 степенями свободы. В том числе был изменен вид схвата, с человеческой руки на схват, состоящий из трех пальцев.

Следующим этапом работы была разработка управляющей системы, которая бы позволяла оптимально двигаться созданной модели. В том числе были реализованы несколько режимов управления данной моделью, такие как по заранее заданным данным, от точки к точке, а также движение в режиме реального времени в соответствии с данными от джойстика. В процессе разработки алгоритма была проделана большая работа по созданию алгоритма, оптимизирующего работу всей системы моделирования, и были достигнуты следующие результаты: мы можем просматривать рабочую зону манипулятора, в том числе определяя его мертвые зоны, внося коррективы в конструкцию, быстро получать просчитанные результаты, управлять моделью в режиме реального времени. Алгоритм был написан таким образом, что он, при внесении минимальных корректив, может быть применен к любым типам манипуляторов.

Затем был произведен анализ имеющихся вариантов снятия сигналов активности центральной нервной системы человека. Наиболее простым и «естественным» способом для управления протезом верхней конечности был выбран вариант снятия потенциалов с поверхности мышечных групп с помощью электронейромиографа. Данный способ позволяет получить данные, необходимые для формирования сигнала управления. Кроме этого, как показывает анализ основных игроков на рынке протезирования, данный подход находит применение в коммерческих протезах (Touch Bionics, BeBionic, Otto Bock).

После определения способа снятия показаний, был найден с помощью ООО «Телебиомеханика» электронейромиограф, с помощью которого были проведены первые снятия показаний. Было решено разместить электроды на m. brachioradialis, поверхностный слой, в глубоком слое залегания под этой мышцей находится m. Supinator [2]. Иннервация данных мышц происходит за счет Cvi_Vij. N. Medianus. Была проработана простая система знаков, состоящая из единичного мышечного сокращения, двойного мышечного сокращения (интервал менее 1,5 с) и длительного мышечного сокращения (превышающего 2 с). Важно отметить, что снятие данных при одинаковых условиях и идентичном наложении происходило у двух испытуемых. У каждого было проведено по три серии испытаний, на основании полученных данных

были сделаны выводы об идентичности получаемых сигналов в результате фильтрации (рисунок), и получено подтверждение верности выбранного пути.

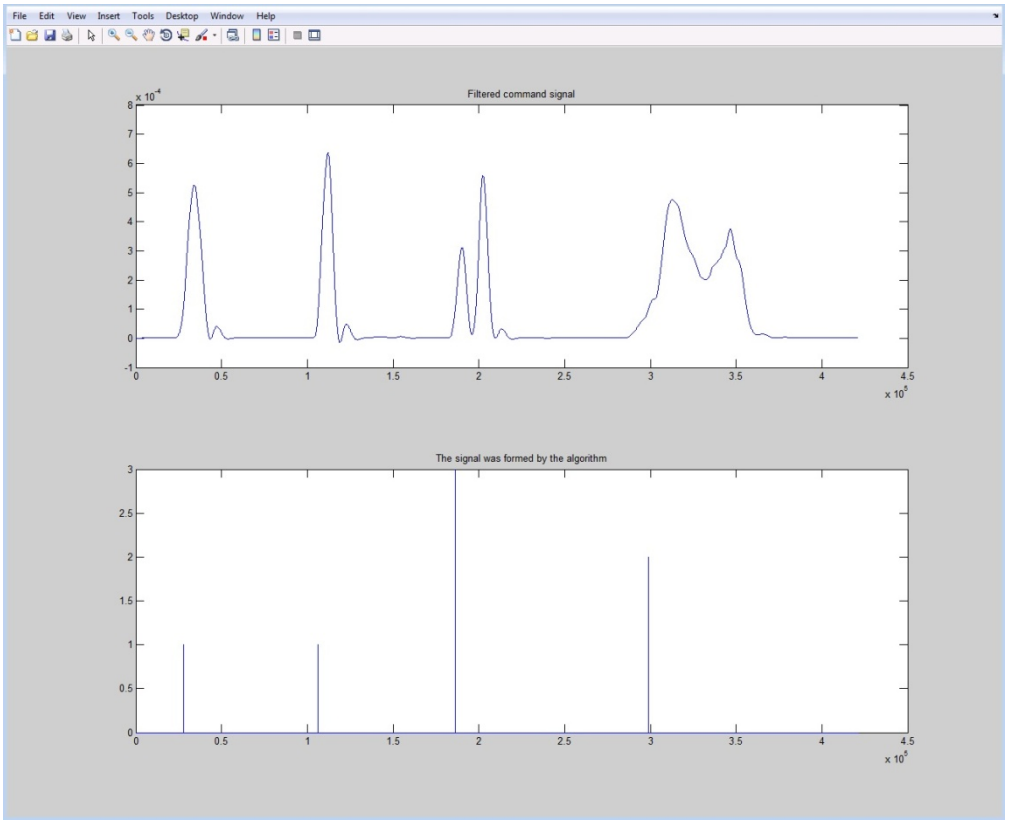


Рисунок. Результат фильтрации и определения возмущений

После обработки сигналов с помощью фильтра Баттерворта были получены характерные графики, для которых был написан алгоритм, анализирующий весь массив данных. В результате этого анализа формируются матрицы, характеризующие положение звеньев модели в течение всего времени эксперимента. Условно, все движение и время эксперимента делится на отрезки, и в течение каждого отрезка времени модель с применением алгоритмов оптимизации, о которых говорилось выше, находит необходимые перемещения модели протеза.

Кроме этого была проделана работа по формированию состава компонентов элетронейромиографа, который можно было бы использовать в самом протезе. Определена схожесть данного типа устройств с электрокардиографами, выделена специфичность, и предложены два пути решения возникающих проблем: аппаратная и программная.

Результатами работы являются:

- формирование алгоритмов оптимизации движения многозвенных манипуляторов;
- определение методологии снятия поверхностных мышечных потенциалов;
- формирование простейшей системы сигналов, позволяющей производить управление моделью;
- написание алгоритма фильтрации и интерпретации данных;
- определение состава электронейромиографа;
- разработка состава простейшего протеза с условием использования технологии 3D-печати.

Литература

1. Кривошеев С.В., Орманов Д.Р. Оптимизация движения с помощью решения обратной задачи кинематики для твердотельной модели многозвенного манипулятора в среде Matlab методом перебора // Автоматизация и современные технологии. – 2012. – № 12. – С. 20–22.
2. Николаев С.Г. Атлас по электромиографии. – Иваново: ИПК «ПресСто», 2010. – 468 с.

Левшина Анна Викторовна
Год рождения: 1990
Факультет фотоники и оптоинформатики,
кафедра компьютерной фотоники и видеоинформатики,
группа № 6352
Направление подготовки: 200700 – Компьютерная фотоника
e-mail: l_a_v_sun@mail.ru

УДК 681.787, 745.512

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПРЕДМЕТОВ ДЕКОРАТИВНО-ПРИКЛАДНОГО ИСКУССТВА МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ МИКРОСКОПИИ

А.В. Левшина
Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.В. Жукова

Оптическая когерентная микроскопия – это интерференционный метод, использующий излучение от источников с небольшим временем когерентности для неразрушающего контроля и визуализации внутренней микроструктуры объектов. Неразрушающий характер метода оптическая когерентной микроскопии и высокая скорость получения данных позволяет визуализировать и реконструировать исследуемые участки микроструктуры, представляя их как 3D-изображение.

В последнее десятилетие метод оптической когерентной микроскопии широко используется для изучения живописи и разнообразных объектов культурного наследия. Приборы оптической когерентной томографии (ОКТ) успешно применяются в диагностике исторического стекла, фарфора, фаянса, природных минералов, например, в [1]. Тем не менее, дальнейшие исследования ценных объектов и опыты методами оптической когерентной микроскопии по-прежнему необходимы, особенно следует расширять области применения метода в диагностических целях, изучая предметы искусства, имеющие сложные технологии изготовления.

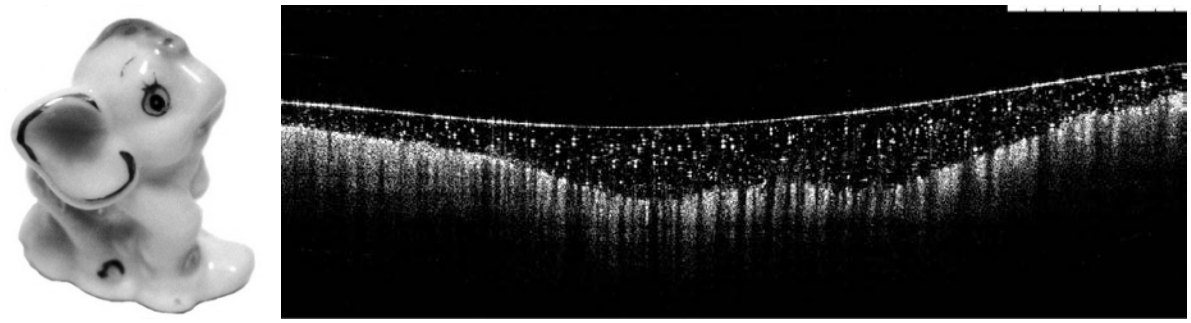
Цель работы – изучить возможности применения метода оптической когерентной микроскопии для диагностики микроструктуры поверхности деревянных и керамических объектов на примере исследования конкретных изделий декоративно-прикладного искусства. Кроме того необходимо оценить возможности имеющегося в распоряжении кафедры КФиВИ ОКМ микроскопа, работающего в ближнем инфракрасном (ИК) диапазоне (1305±75 нм) для изучения выбранных объектов.

Для достижения поставленной цели, необходимо было решить следующие задачи:

- изучить статьи и публикации, в которых приводятся результаты изучения методами ОКТ различных объектов, в том числе предметов искусства, с целью определения актуального направления для дальнейших исследований;
- выбрать объекты исследования, выделить наиболее интересные участки на поверхности объектов и изучить их микроструктуру;
- оценить возможности оптической когерентной микроскопии для изучения предметов декоративно-прикладного назначения в ближнем ИК диапазоне;
- изучить оптические схемы, характеристики и принцип работы приборов: спектрального оптического когерентного микроскопа (ОКМ) EX1301 OCT Microscope и спектрометра Ocean Optics;
- разработать методику проведения эксперимента и выполнить исследования выбранных образцов, а именно, измерить на интересующих участках поверхности объектов томограммы, выполнить реконструкцию трехмерных изображений областей сканирования. Для ряда объектов выполнить измерение спектров диффузного отражения для оценки условий взаимодействия зондирующего излучения с поверхностью, измерения спектров выполнить в видимом и ближнем ИК диапазонах;
- обработать и проанализировать полученные данные, сделать выводы по результатам проведенной работы.

Для решения поставленных задач были подобраны объекты исследования, причем, принадлежащие как заводскому, так и кустарному производству. Одна группа объектов выполнена из различных типов керамики, другая группа представляет изделия из древесины. Всего было исследовано 5 объектов из фарфора, два объекта, изготовленных из древесины.

При проведении экспериментальных исследований использовался спектральный ОКМ EX1301 OCT Microscope для выполнения сканирования поверхности изучаемых объектов и регистрации томограмм, а также два спектрометра Ocean Optics (NIRQuest, HR4000), которые позволили получить спектры диффузного отражения от изучаемых поверхностей в диапазоне 450–1700 нм. Используя полученные томограммы и специальное программное обеспечение, для всех объектов были реконструированы цифровые модели областей сканирования, что позволило провести послойный и текстурный анализ материалов. Пример объекта и томограмма, измеренная на одном из участков, приведены на рис. 1.

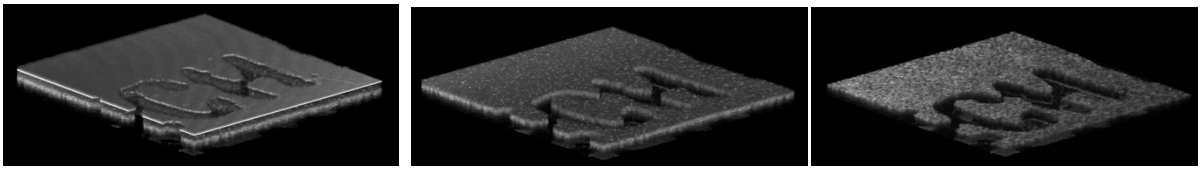


а б

Рис. 1. Объект исследования – слон (КНР) (а); томограмма (В-скан) области с подглазурной росписью, размер скана 5мм×2 мм (б)

Возможность послойно выделять необходимые участки при работе с 3D-изображением позволяет более детально рассмотреть внутреннюю микроструктуру изделия. На рис. 2, а, показан фрагмент участка фарфоровой тарелки с надписью, нанесенной золотистой краской. Глубина, на которую проникло излучение, составляет около 82 мкм. При уменьшении толщины 3D-изображения на 37 мкм в направлении

слоя керамики, становится видна структура покрытия на середине слоя глазури (рис. 2, б). В глазури просматриваются включения, наблюдаемые на В-сканах. Срезав в том же направлении еще 23 мкм, можно рассматривать однородную, плотную, зернистую структуру материала, что характерно для фарфоровых изделий (рис. 2, в).



а б в

Рис. 2. Восстановленное 3D-изображение поверхности в области надписи: 3D-изображение поверхности со слоем глазури (*x*=3,27 мм; *y*=2,94 мм; *z*=0,82 мм) (а); 3D-изображение поверхности на срезе слоя глазури (*x*=3,27 мм; *y*=2,94 мм; *z*=0,45 мм) (б); 3D-изображение поверхности фарфора (*x*=3,27 мм; *y*=2,94 мм; *z*=0,22 мм) (в)

В дополнение к исследованиям, выполненным с помощью метода оптической когерентной микроскопии, были проведены измерения спектров диффузного отражения с целью определения влияния состояния поверхности на отражение границы воздух/материал. Пример спектра диффузного отражения для фарфоровой статуэтки слона приведен на рис. 3.

Видно, что появление подглазурной росписи сопровождается снижением коэффициента диффузного отражения, причем в видимом диапазоне в спектре отражения появляются полосы поглощения, положение которых соответствует областям поглощения цветных пигментов. Особенно это ярко наблюдается на примере спектра диффузного отражения, измеренного в области уха фигурки слона (КНР).

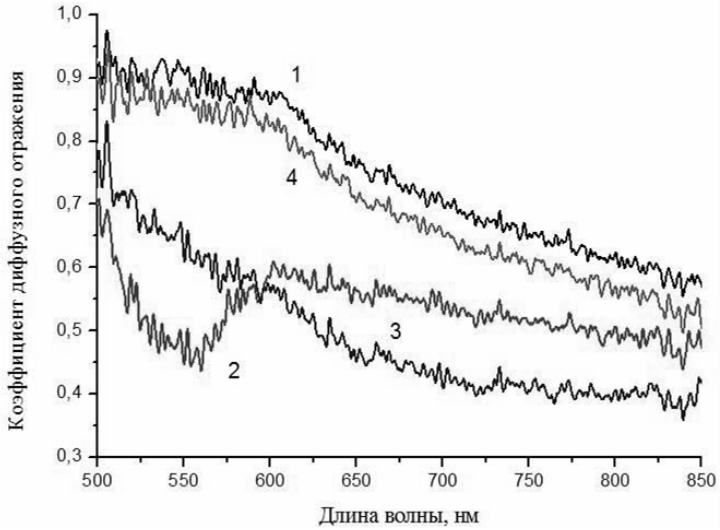


Рис. 3. Спектры диффузного отражения, измеренные для разных участков фарфоровой фигурки слона (КНР): 1 – матовая поверхность фарфоровой массы; 2 – в области уха и подглазурной росписи; 3 – в области глаза и надглазурной росписи (черный пигмент); 4 – белый фарфор без росписи, но со слоем глазури

По результатам экспериментальных исследований можно сделать выводы о ряде возможных и перспективных направлений применения метода оптической когерентной микроскопии с перестраиваемой длиной волны для изучения предметов декоративно-прикладного искусства.

Регистрация томограмм в области 1305±75 нм позволяет визуализировать внутреннюю структуру приповерхностных слоев объектов. В каждом конкретном случае характер наблюдаемых неоднородностей, их размеры зависят от технологии изготовления объекта и от оптических свойств веществ, входящих в состав покрытия

образца, а именно, от коэффициентов поглощения и рассеяния материалов. Сильно рассеивающие или поглощающие материалы не позволяют проникать излучению внутрь слоев. Но фарфоровые глазури, пигменты красителей, дефекты и трещины могут быть выявлены в пределах глубины проникновения излучения. Изделия из дерева, покрытые красками или лаком, могут быть успешно исследованы методом оптической когерентной микроскопии на длине волны вблизи 1305 нм, это подтвердили и исследования деревянной матрешки.

В ходе работы с фарфоровыми изделиями оценены толщины слоев глазури, которыми были покрыты объекты.

Стоит отметить, что все эксперименты были выполнены без каких-либо повреждений объектов, что открывает путь для многочисленных перспективных применений метода оптической когерентной микроскопии. Основное ограничение в применении методов оптической когерентной микроскопии возникает из-за ограниченной прозрачности многих материалов и сред, из которых выполнены предметы искусства и из-за недостаточной разрешающей способности ОКМ микроскопа. Наиболее перспективным решением этой проблемы является объединение метода оптической когерентной микроскопии с другими неразрушающими методами, такими как рентгеновская флюоресценция и микроскопия. В работе выполнены измерения спектров диффузного отражения для поверхностей изучаемых объектов. Это позволило оценить характер влияния состояния поверхности на отражающие свойства разных покрытий и сред, которые первыми появляются на пути зондирующего пучка при исследованиях методом оптической когерентной микроскопии. Результаты работы опубликованы в трех работах [2–4] и представлены на трех конференциях.

Литература

1. Targowski P., Iwanicka M. Optical Coherence Tomography: its role in the non-invasive structural examination and conservation of cultural heritage objectsa – a review // Appl. Phys. A. – 2012. – V. 106. – № 2. – P. 265–277.
2. Волынский М.А., Гуров И.П., Жукова Е.В., Левшина А.В., Маргарянц Н.Б., Семов А.А. Исследование трехмерной микроструктуры материалов на основе методов оптической когерентной томографии // Фотография. Изображение. Документ. – 2011. – Вып. 1. – № 1. – С. 81–85.
3. Гуров И.П., Жукова Е.В., Левшина А.В. Применение метода ОКТ для изучения предметов декоративно-прикладного искусства, выполненных в технике инкрустации // Научно-технический вестник ИТМО. – 2012. – № 3(79) . – С. 55–58.
4. Levshina A., Zhukova E., Margaryants N. Investigation of Khokhloma painting by the optical coherence tomography method // AIP Conf. Proc. – 2013. – V. 1537. – P. 160–165.

Мазурова Татьяна Борисовна
Год рождения: 1989
Гуманитарный факультет, кафедра прикладной экономики и маркетинга, группа № 6074
Направление подготовки: 080500 – ИТ-консалтинг
e-mail: mazurova_t@mail.ru

УДК 65.011.56

ТЕОРЕТИЧЕСКИ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ HRM-СИСТЕМ

Т.Б. Мазурова
Научный руководитель – д.т.н., доцент В.Ю. Петров

На текущий момент существует большое количество готовых HRM-систем, но большая часть из них реализует только типовые функции. При этом многие функции, связанные с отраслевой спецификой часто оказываются не реализованными. Игнорирование отраслевой специфики при внедрении HRM-системы может привести к неудовлетворительному результату.

В связи с этим возникла необходимость разработки собственной HRM-системы, которая бы учитывала отраслевую специфику деятельности предприятия.

Вышесказанное определяет актуальность темы настоящей работы.

Цель работы заключалась в организации процесса разработки и внедрения HRM-системы и обеспечении управления этими процессами.

Поставленная цель обусловлена необходимостью решения следующих задач:

- исследовать современные методы разработки HRM-систем;
- изучить современные технологии создания HRM-систем;
- изучить методы внедрения HRM-систем;
- разработать HRM-систему для охранного предприятия;
- оценить эффективность внедрения созданной системы.

Теоретические и методические основы разработки и внедрения HRM-системы должны обеспечивать решение следующих задач:

- создание HRM-системы, отвечающей предъявляемым к ней требованиям по автоматизации бизнес-процессов, а также целям и задачам предприятия;
- создание HRM-системы в течение заданных сроков и в рамках заранее оговоренного бюджета;
- гарантию простоту сопровождения, модификации и расширения HRM-системы, с целью обеспечения соответствия информационной системы изменяющимся условиям работы организации;
- соответствие создаваемой HRM-системы требованиям открытости, переносимости и масштабируемости;
- возможность использования в разрабатываемой HRM-системе ранее применяемого на предприятии программного обеспечения, баз данных и т.д.

Работа была направлена на обеспечение снижения сложности процесса разработки и внедрения HRM-систем за счет применения современных методов и технологий создания информационных систем на протяжении всего жизненного цикла системы, а также полного и точного описания этих процессов.

Рассмотрены теоретические и методические основы разработки и внедрения HRM-систем. Также рассмотрены принципы создания HRM-систем, жизненный цикл HRM-систем, методология RAD при разработке HRM-систем, CASE-технологии при проектировании HRM-систем, рассмотрены проблемы, которые могут возникать в ходе внедрения данных систем и способы их решения, а также рассмотрены методы оценки эффективности внедрения HRM-систем.

Знание теоретических и методических основ разработки HRM-систем обеспечило создание HRM-системы, отвечающей предъявляемым к ней требованиям по автоматизации бизнес-процессов и отвечающей целям и задачам предприятия.

Разработана HRM-система для группы предприятий безопасности (ГПБ) «АРЕС», были изучены основные информационные потоки отдела персонала, отдела кадров, департамента охраны, финансового департамента, разработаны функциональные модели основных HR-процессов, разработана схема HRM-системы, разработано программное обеспечение, предназначенное для эффективной реализации бизнес-процессов.

Кроме того при разработке системы была учтена специфика деятельности предприятия:

- крупное предприятия (более 4000 человек);
- большая текучесть персонала (10% в месяц) – большой документооборот;
- сменный график работы охранников;
- специфический документооборот, связанный с особыми уставными задачами (обязательное наличие лицензии на оказание частных охранных услуг);
- географическая удаленность объектов (территория всей Российской Федерации) – необходим удаленный доступ;
- наличие системы менеджмента качества сертифицированной по ГОСТ Р ИСО 9001:2008.

На этапе разработки программного продукта была использована современная методология системного анализа и моделирования. Выявлены и документированы функциональные требования к разрабатываемой системе, которые позволили свести к минимуму риск переделки продукта, создания негодного программного обеспечения и срыва сроков сдачи проекта.

Удобная система для формирования штатного расписания с помощью суточной ведомости и графика на месяц, позволила значительно повысить эффективность работы начальников охраны объектов. Снижение среднего фактического времени формирования одной суточной ведомости составило 9 мин, и времени на формирование графика на месяц – 350 мин. Кроме того значительно снижено влияние человеческого фактора на возникновение ошибки при табелировании рабочего времени охранников, при расчете и выдаче заработной платы охранникам, улучшен документооборот.

Данная система получила название Security Quality Management System (SQMS) и была внесена в Реестр программ для ЭВМ. В настоящее время данная система внедрена во всех региональных представительствах ГПБ «АРЕС» (46 обособленных подразделений). На текущий момент осуществляется разработка модуля по учету и контролю оружия, планируется разработка Web-форм.

Литература

1. Грекул В.И., Денищенко Г.Н., Коровкина Н.Л. Проектирование информационных систем: курс лекций. Учебное пособие. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2008. – 304 с.

2. Грекул В.И., Днищенко Г.Н., Коровкина Н.Л. Управление внедрением информационных систем. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2008. – 223 с.
3. Макаров Р.И., Хорошева Е.Р. Методология проектирования информационных систем: учеб. пособие. – Владимир: Изд-во ВГУ, 2008. – 334 с.
4. Фаулер М. Архитектура корпоративных программных приложений. – М.: Вильямс, 2008. – 544 с.
5. Вендров А.М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://citforum.ru/database/case/, свободный. – Загл. с экрана.

Малютин Владимир Евгеньевич
Год рождения: 1990
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа № 6301
Направление подготовки: 200400 – Компьютерная оптика
e-mail: scordion@mail.ru

УДК 535

РАЗРАБОТКА ПАКЕТА ПРОГРАММ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ КОНТРОЛЯ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МЕТОДОМ ГАРТМАНА

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

Введение. Метод Гартмана является геометрическим методом контроля, он позволяет обнаружить и измерить местные деформации волнового фронта, которые нарушают симметрию пучка лучей.

Известно [1, 2], что обработка результатов контроля оптики методом Гартмана делится на три этапа:

1. определение идеальных положений центров пятен;
2. обработка гартманограммы:
   - определение масштаба и ориентации гартманограммы;
   - сепарация пятен;
   - определение центров пятен;
   - идентификация пятен;
3. определение отклонений волнового фронта.

В работе рассматриваются все три этапа обработки. Для устойчивой автоматической работы метода Гартмана с любыми снимками необходимо распознавать любые картины с любым количеством пятен рассеяния. Необходимо разделение гартманограммы на отдельные пятна для поиска информации о центрах пятен иными способами [3–5].

Постановка задачи. Главной принцип способов контролирования оптической системы с использованием экрана вблизи выходного зрачка заключается в том, что волновой фронт оценивается в ряде предварительно подобранных точек, а результаты сравниваются с теоретическим значениями [6].

Способы базируются на законах геометрической оптики; мысль заключается в том, что присутствие у волнового фронта ошибок в некой области приводит к

фокусировке света в точке, отличной от теоретического фокуса, или же к пересечению сфокусированных пучков лучей с осью в плоскости, не совпадающей с плоскостью для варианта идеального фронта. В результате погрешности волнового фронта оценивают, определяя, в которой плоскости вдоль оптической оси пересекаются пучки лучей от некой области волнового фронта, и каково отличие в положении данной плоскости и теоретическом положении точки пересечения лучей для идеальной волны [6].

В случае если волновой фронт оценивается несколькими лучами либо пучками, перпендикулярными к нему, отклонение следов лучей от их идеальных положений возможно зафиксировать на некой регистрирующей плоскости. Идеальный волновой фронт при всем при этом не обязательно должен быть точно сферическим, а в принципе может иметь любую форму, поскольку интерес представляют только отклонения от него [7].

Цель работы – разработка алгоритма для предварительной обработки гартманограмм. Иначе говоря, такого алгоритма который позволил бы, только с помощью компьютера и двух снимков гартманограмм, сепарировать пятна, дифференцировать центры пятен, дифференцировать контуры данных пятен, а также перевести координаты из системы x, y в полярную систему координат Po_x Po_y для дальнейшей обработки данных.

В ходе работы были выделены следующие задачи:

- фильтрация и сепарация пятен на гартманограмме;
- нумерация полученных пятен и определение точных координат центра пятна;
- получение поперечных аберраций на основе анализа данных, полученных на предыдущих этапах.

Данные задачи были, в свою очередь, разбиты на подзадачи:

1.1. фильтрация изображения от посторонних шумов;
1.2. сепарация пятен;
1.3. определение координат контуров пятен»;
2.1. нумерация пятен на предфокальной гартманограмме;
2.2. нумерация пятен на постфокальной гартманограмме;
2.3. поиск соответствия пятен постфокальной гартманограммы предфокальной;
2.4. определение центров пятен рассеяния;
3.1. преобразование системы координат;
3.2. получение аберраций;
3.3. запись полученных результатов.

Точное выделение границ деформированного пятна. Для точного выделения границ пятна, деформированного по ряду причин, в программе предусмотрен выбор алгоритма поиска границы.

Так, например, алгоритм Собеля или алгоритм Щарра, преобразуют изображение в битовое, одновременно с этим производя фильтрацию изображения, после чего выделить пятно становится существенно легче.

Обработка изображений с низким контрастом. Для обработки изображений с низким контрастом была разработана система фильтрации изображения, а также система линейного контрастирования. В реализованной программе присутствует фильтрация и некоторый порог яркости ввиду того, что в целом линейное контрастирование не обязательно для данной задачи, в то же время порог яркости позволяет решить сразу две проблемы: шум и контраст.

Обработка изображений с разным фоном. Так как в данной работе было реализовано несколько алгоритмов, то появилась проблема обработки изображений с разным фоновым цветом. Некоторые алгоритмы совершенно невосприимчивы к цвету, некоторые, напротив, очень сильно зависят от цвета фона и цвета пятна, например,

алгоритмы, вычисляющие максимальное значение интенсивности могут работать некорректно.

Для решения данной проблемы можно воспользоваться несколькими методами:

- принять за цвет фона нулевой пиксель изображения и соответственно отреагировать на данную информацию;
- при загрузке изображения приводить все изображения к единому виду, например, высчитывать количества пикселей по градации серого, и соответственно пикселей, с каким значением градации серого окажется больше, то взять за фон, и если, например, это не черный цвет, то произвести инверсию цветов.

Обработка зашумленных изображений. При обработке зашумленных изображений целесообразно воспользоваться пороговым фильтром. Однако в этом случае появляется проблема срезки некоторых пятен, которые, как правило, в значительной степени деформированы. При применении порогового фильтра или при фильтрации изображения очень важно выбрать такое значение порога, чтобы фильтрация была возможна, но при этом не принимались за шум пятна со слабой интенсивностью.

Нумерация пятен на изображении. При нумерации пятен необходимо разработать алгоритм расчета номера пятна. Например, пятна могут нумероваться относительно центра по часовой стрелке, однако данная нумерация довольно трудоемка, и как будет показано ниже, вовсе не обязательна. В связи с этим в работе была реализована нумерация по проходу по изображению. В данном случае необходимо следить за номером изображения, чтобы не присвоить два разных номера одному пятну.

Нумерация пятен на предфокальном изображении в соответствии с нумерацией на постфокальном изображении. При синхронизации номеров пятен, возникает множество проблем, таких как: размытое пятно на одном из изображений или вовсе отсутствие одного из пятен на одном из снимков, или же большая общая зашумленность изображения, разный масштаб, смещение изображения и т.д.

Разработанный алгоритм позволяет успешно решить все указанные выше проблемы. Суть алгоритма заключается в следующем: после определения номеров пятен на одном из изображений, определяется положение пятен на другом снимке. После чего по полученным данным производится расчет центра гартманограммы. Производится расчет расстояния от центра до первого ряда точек, после этого мы легко можем найти смещение изображения и масштаб изображения. Затем производиться привидение одного изображения к другому и высчитываются положения пятен. Определяются координаты пятна на втором снимке, производится перевод данных координат в эквивалентные первому снимку и ищется ближайшее пятно на первом снимке, номер найденного присваивается исследуемому пятну.

Анализ результатов. В результате работы было написано программное обеспечение для предварительно обработки гартманограмм.

Для взаимодействия пользователя с программой предусмотрено несколько кнопок и областей. Области выбора изображений представлены на рис. 1.

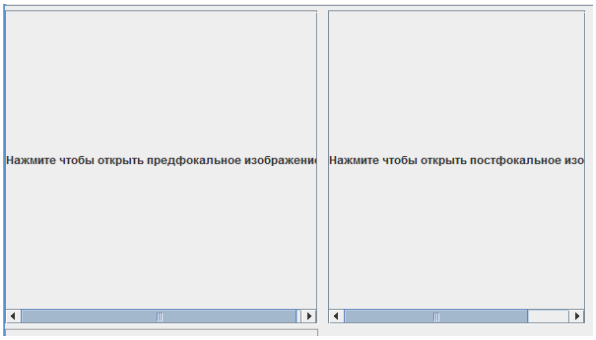


Рис. 1. Области выбора снимков

Нажав на соответствующую область (предфокальное изображение или постфокальное изображение), пользователю откроется стандартный диалог Windows (или Linux) в зависимости от платформы запуска программы с предложением выбрать файл (рис. 2).

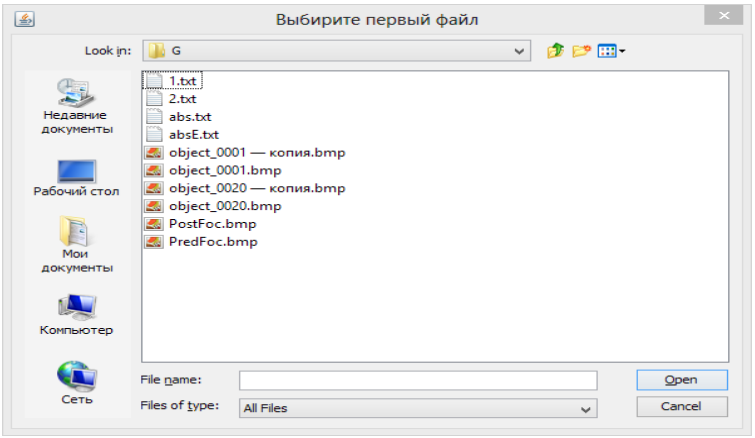


Рис. 2. Окно выбора снимка гартманограммы

Как только пользователь выберет необходимый ему снимок гартманограммы, на месте области, с предложением выбрать снимок, появится изображение выбранного снимка (рис. 3).

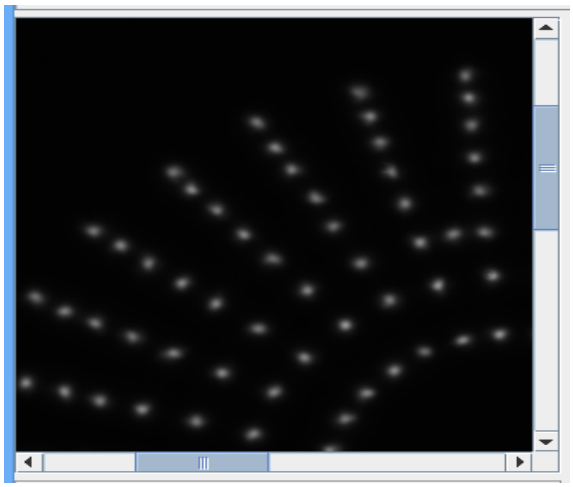


Рис. 3. Область с выбранным снимком

В данной области имеются полосы прокрутки изображения, которые позволяют сдвигать изображение вверх, вниз, влево и вправо. После выбора двух изображений пользователю станет доступна кнопка «Анализ» (рис. 4).

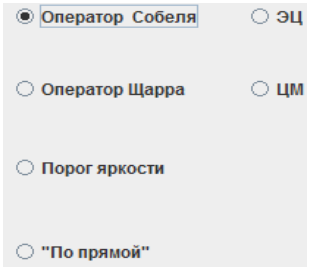


Рис. 4. Область выбора алгоритма выделения границы и алгоритма нахождения центра пятна

Выбрав необходимый алгоритм в правой части программы, пользователь, нажав на кнопку «Анализ « запустит выбранный им ранее алгоритм. Программа начнет

расчет, по завершению которого запишет все полученные результаты в папку с выбранными снимками гартманограммы.

Литература

1. Зверев В.А., Родионов С.А., Сокольский М.Н., Усоскин В.В. Технологический контроль главного зеркала БТА методом Гартмана // ОМП. – 1977. – № 3. – С. 3–5.
2. Витриченко Э.А. Методы исследования астрономической оптики. – М.: Наука, 1980. – 152 с.
3. Tolstoba N. Analysis of Hartmann testing techniques for large-sized optics // Proc. SPIE. – 2001. – V. 4451. – P. 406–413.
4. Стороженко А.И., Толстоба Н.Д. Измерение координат энергетических пятен рассеяния на матричном приемнике // Международный оптический конгресс «Оптика-XXI век», 2002.
5. Tolstoba N.D. Determination of aberrations by processing lenslet array image located on the CCD receiver // Proc. SPIE. – 2001. – V. 4473. – P. 494–501.
6. Малакара Д. Оптический производственный контроль. – М.: Машиностроение, 1985. – 400 с.
7. Кирилловский В.К. Оптические измерения. Часть 2. Основы теории чувствительности оптических измерительных наводок. Роль оптического изображения. Учебное пособие. – СПб: СПбГИТМО(ТУ), 2003. – 60 с.
8. Толстоба Н.Д., Малютин В.Е., Емельянов Э.В., Якопов Г.В. Автоматизация предварительной обработки данных при контроле оптических систем методом Гартмана // Научно-технический вестник ИТМО, 2013 (в печати).
9. Кирилловский В.К., Точилина Т.В. Методы исследования и контроля качества оптических систем. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 125 с.
10. Афанасьев В.А. Оптические измерения. – М.: Высшая школа, 1981. – 229 с.
11. Максутов Д.Д. Изготовление и исследование астрономической оптики. – М.: Наука, 1984. – 272 с.
12. Русинов М.М. Техническая оптика. – Л.: Машиностроение, 1984. – 488 с.
13. Engel K., Hadwiger M., Kniss J.M., Rezk-Salama C., Weiskopf D. Real-time volume graphics. – A K Peters, 2006. – 515 p. – P. 112–114.
14. Ватутин Э.И., Мирошниченко С.Ю., Титов В.С. Программная оптимизация оператора Собела с использованием SIMD-расширений процессоров семейства x86 // Телекоммуникации. – 2006. – № 6. – С. 12–16 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://evatutin.narod.ru/evatutin_opt_02_simdsobel.pdf, своб.
15. Hanno S. 2000, диссертация (в Германии). Optimal Operators in Digital Image Processing [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/962/1/Diss.pdf, своб.
16. Jähne B., Scharr H. and Körkel S. Principles of filter design. In Handbook of Computer Vision and Applications. – Academic Press, 1999. – 967 p.
17. Canny J. A Computational Approach to Edge Detection // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence archive. – 1986. – V. 8. – № 6. – P. 679–698.
18. ВикипедиЯ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org, своб.

Марцуков Алексей Александрович
Год рождения: 1987
Факультет оптико-информационных систем и технологий, кафедра компьютеризации и проектирования оптических приборов, группа № 6321
Направление подготовки: 200400 – Проектирование и метрология оптико-электронных приборов специального назначения
e-mail: martsukov@mail.ru

УДК 681.7.067

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ ДЛЯ ТАМОЖЕННОГО КОНТРОЛЯ

А.А. Марцуков
Научный руководитель – доцент А.М. Бурбаев

Российская таможенная инфраструктура в настоящее время не способна по ряду причин качественно и быстро обслуживать экспортно-импортные потоки грузов и обеспечить должный уровень безопасности нашей страны. В первую очередь это связано с тем, что большинство объектов не приспособлены по своим оперативным и физическим характеристикам к развертыванию на их базе современных информационно-коммуникационных технологий, что затрудняет применение новых форм и способов таможенного контроля и оформления товаров.

В связи с этим имеется необходимость в разработке универсального переносного комплекта технических средств (КТС) для обеспечения инструментального углубленного таможенного досмотра всех видов и типов транспортных средств отечественного и зарубежного производства как внутри (салона, фюзеляжа, судна, вагона), так и снаружи – при различных погодных условиях и уровнях освещенности, с целью обнаружения и визуального обследования посторонних скрытых предметов (незаконных вложений), а также проведения обследования мест, находящихся вне пределов прямой видимости в рабочих и грузовых отсеках воздушных судов, в условиях различной освещенности, в любое время года при различных погодных условиях.

На основе сравнительного аналитического обзора современных досмотровых систем, составлена их классификация (рис. 1).

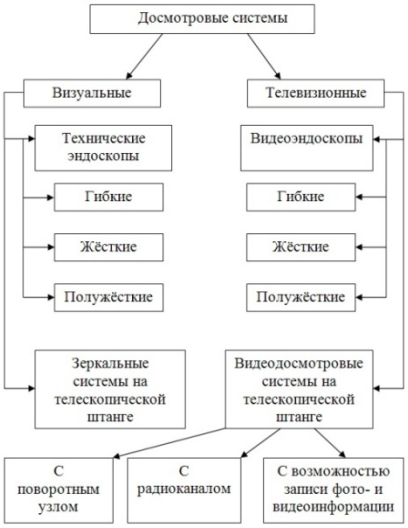


Рис. 1. Классификация современных досмотровых систем

Сравнительный анализ этих устройств (табл. 1) позволил выбрать прибор, наиболее подходящий для модернизации, исходя из его технических характеристик (рис. 2).

Таблица 1. Сравнительные характеристики телевизионных досмотровых систем

Наименование системы досмотра	Видеоэндоскоп «Pentax EPK-1000»	Видеоэндоскоп «Olympus CV-180»	«VPC-64»	КТС «Авиатор»
Наибольший диаметр рабочей части, мм	8,6	9,2	22,0	25,0
Длина рабочей части, мм	1030	1050	620–2000	800–6000
Углы поворота рабочей части, град.	90–210	120–210	25–115	180–360
Наличие дополнительной подсветки	Нет	Нет	Нет	Да
Наличие видеосистемы привязки к месту досмотра	Нет	Нет	Нет	Да
Масса устройства, кг	23	14	1,63	6,5
Угол поля зрения видеокамеры, град.	140	140	30, 60	30, 60
Глубина резкости, мм	3–100	4–100	3,6–16	10–2000
Общая длина, мм	1345	1350	2000	6000

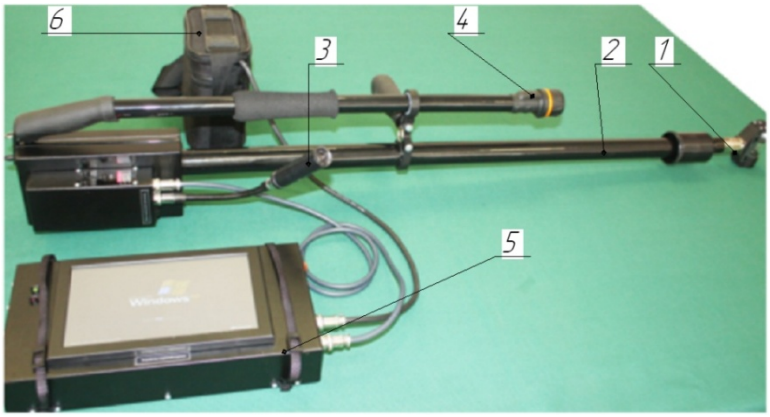


Рис. 2. Телевизионная досмотровая система «КТС «Авиатор»: 1 – зеркальный поворотный узел с видеокамерой и светодиодной подсветкой; 2 – телескопическая штанга; 3 – дополнительная камера для привязки к месту досмотра; 4 – фонарь дополнительной подсветки; 5 – видеомонитор с возможностью записи; 6 – аккумуляторный блок

Далее было определено и обосновано направление для его модернизации.

1. При длительном использовании обычных 2D-дисплеев у оператора возникает усталость, становится трудно обнаруживать мелкие посторонние предметы, выделять их на общем фоне, т.е. появляется эффект так называемого «замыливания глаз».
2. Для снятия усталости глаз необходимо предусмотреть возможность переходить в процессе работы на 3D-режим, при котором каждый глаз видит свою часть изображения, а восприятие полного изображения на экране меняется, повышается

обнаруживающая способность глаз. Переход в стереорежим позволит также обнаруживать мелкие неяркие предметы, невидимые на плоской «картинке» при высоком уровне отношения свет/тень. Такие предметы, как правило, теряются на фоне более крупных предметов или на фоне их тени. В 3D-режиме они будут заметнее, так как будут находиться визуально перед фоновыми предметами, а также вследствие того, что сами объекты и их тени не будут сливаться с тенями от более крупных предметов.

3. Бинокулярное смешение цветов, получаемое в результате работы с 3D-изображением, позволяет воспроизводить цветной блеск кристаллов, драгоценных камней, полированного стекла, характерный блеск поверхности различных металлов. Это дает возможность инспектору правильно оценивать структуру поверхностей рассматриваемых физических объектов.

Затем в работе были рассмотрены общие принципы построения стереоскопических систем (рис. 3), проанализированы способы и технические средства, которыми можно получить объемное изображение с использованием портативного досмотрового прибора (табл. 2) и исследованы возможности применения стереотехнологий в модернизируемом устройстве. Принято решение проводить модернизацию путем разработки универсального поворотного стереоузла.

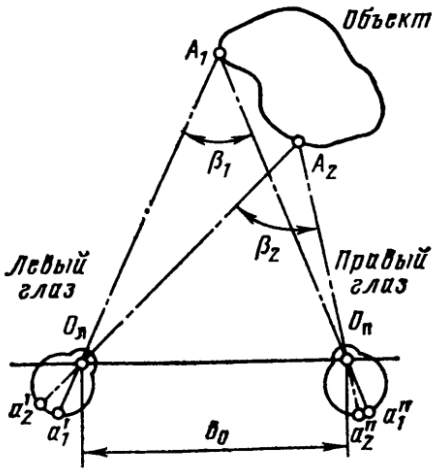


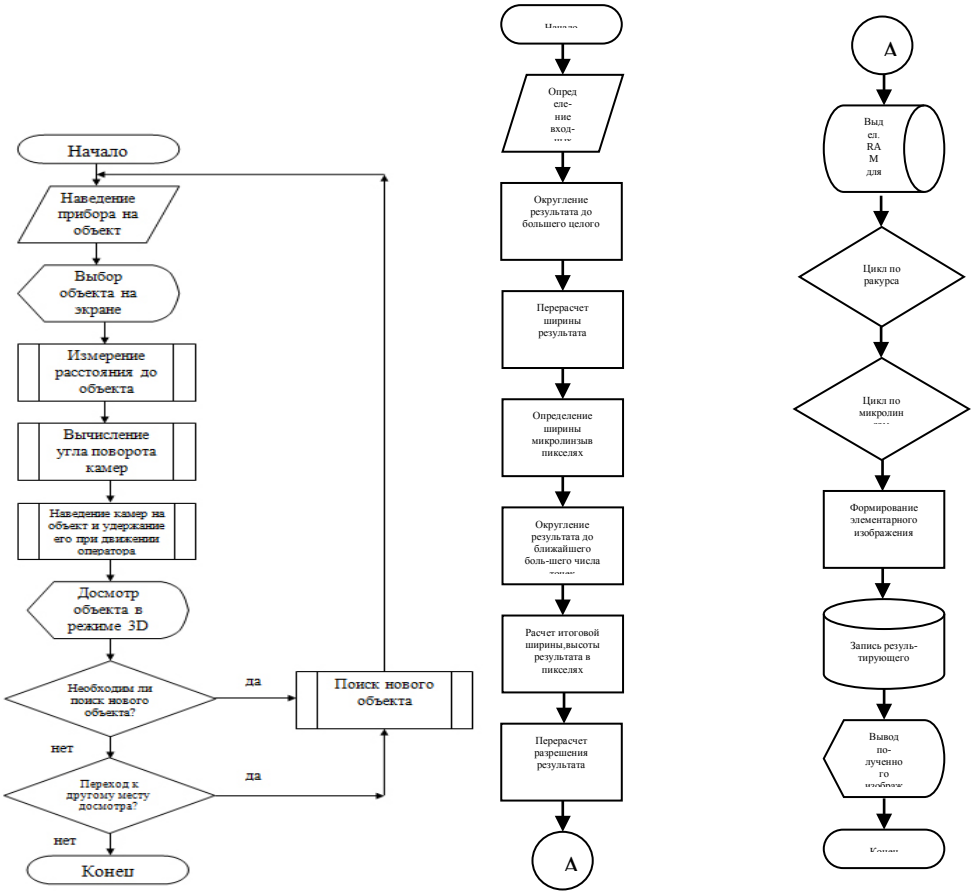
Рис. 3. Схема бинокулярного видения объекта

Таблица 2. Обзор современных технологий трехмерного воспроизведения

№	Наименование технологии	Достижение разделения изображения	Устройство отображения 3D-содержания	Преимущества	Недостатки	Примечания
1	Стереоскоп	Механический дизайн	Слайды, фотографии, бумага	Дешевизна	Сложность применения	Требует заранее подготовленных стереопар в виде слайдов в оправе
2	Двуцветные стереоочки	Цветовая фильтрация	Бумага, ЖК-, плазменные и ЭЛТ-дисплеи, оптические проекторы	Хорошее соотношение цена/качество	Не подходит для людей, не различающих цвета	Изначально «красный-зеленый» с очень плохим восприятием цветов, позднее «красный-синий» с хорошим

№	Наименование технологии	Достижение разделения изображения	Устройство отображения 3D-содержания	Преимущества	Недостатки	Примечания
						восприятием цветов и «красный-голубой» с очень хорошим восприятием цветов
3	Поляризационные стереоочки	Поляризационный светофильтр	Экран с двумя оптическими проекторами	Очень хорошее качество изображения	Необходимы специальные проекторы и экран	Используется в кинотеатрах IMAX-3D
4	Стереоочки с затвором	Попеременно закрывающиеся ЖК-дисплеи	ЭЛТ-, ЖК- и плазменные дисплеи, специальные проекторы	Качественное изображение с высоким разрешением	Усталость глаз от мерцания	Возможность применения с любыми качественными дисплеями
5	3D-шлем виртуальной реальности	Механический дизайн	2 ЖК-дисплея	Очень отличное разделение изображения	Высокая стоимость, переутомление глаз	Значительно понижает восприятие пространства вне шлема, из-за чего травмоопасен
6	ЖК стереодисплей для одного пользователя	Встроенная в дисплей специальная оптическая маска	Специально адаптированный ЖК-дисплей	Отличное качество картинки	Высокая стоимость, требование выдерживать определенное расстояние до дисплея	На настоящий момент считается лучшим вариантом 3D-отображающего устройства для персональной рабочей станции
7	Стереодисплей для нескольких пользователей	Встроенная в дисплей специальная оптическая маска	Адаптированный ЖК- или плазменный дисплей	Возможность отображения 3D-картинки одновременно для нескольких пользователей	Высокая стоимость, маска для нескольких пользователей заметно поглощает яркость	Самая новая и перспективная технология на настоящий момент

В работе проведены расчеты характеристик разрабатываемого поворотного стереоузла, разработаны алгоритмы его функционирования (рис. 4), подобраны наиболее подходящие комплектующие и предложены два варианта его исполнения: с применением параллельной и перекрестной стереопары.



а б

Рис. 4. Схемы алгоритма: работы стереоскопической досмотровой системы (а); кодирования стереоракурсов (б)

В результате работы была предложена конструкция универсального поворотного стереоузла с использованием параллельной стереопары (рис. 5), опытный образец которого был собран в ЗАО «Научно-производственный центр «Инновационная техника и технологии» (рис. 6).

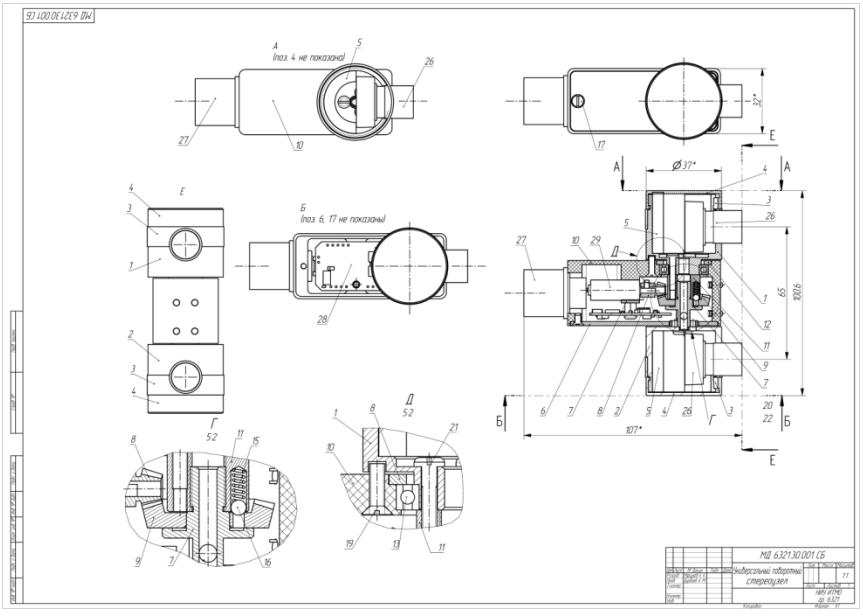


Рис. 5. Сборочный чертеж конструкции универсального поворотного стереоузла

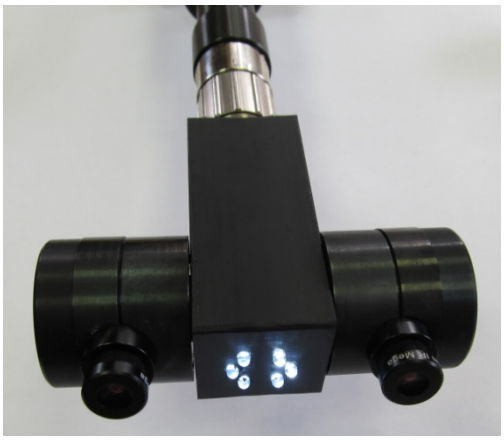


Рис. 6. Внешний вид универсального поворотного стереоузла

В результате работы также был разработан универсальный поворотный стереоузел для применения с таможенным досмотровым прибором КТС «Авиатор» с целью получения возможности проводить досмотровые операции в стереорежиме, что позволит с большей вероятностью обнаруживать посторонние предметы, определять расположение искомых скрытых объектов в пространстве, лучше видеть их структуру, например, при неразрушающем контроле крупногабаритных станков, двигателей и механизмов. Прибор может быть рекомендован к выпуску на оптико-механических предприятиях.

Литература

1. Оптические головки передающих камер цветного телевидения. Справочник / Под ред. О.Н. Васильевского. – Л.: Машиностроение (Ленинградское отделение), 1988. – 109 с.
2. Куликов А.Н. Телевизионное наблюдение при ярком солнечном свете // Специальная техника. – 2001. – № 1. – С. 11–20.
3. Мамчев Г.В. Стереотелевидение. – М.: Энергия, 1979. – 64 с.
4. Шмаков П.В., Колин К.Т., Джакония В.Е. Стереотелевидение. – М.: Связь, 1968. – 207 с.
5. Ежова К.В. Отчет по работе: «Разработка алгоритма преобразования точечного изображения к псевдотрехмерному виду и обоснование требований к оптико-механическим компонентам телевизионной досмотровой системы». – Заказчик: ЗАО «Научно-производственный центр «Инновационная техника и технологии» – рукопись, 2012.

Невидимов Александр Валентинович
Год рождения: 1991
Факультет компьютерных технологий и управления, кафедра вычислительной техники, группа № 6110
Направление подготовки: 230100 – Информационно-вычислительные системы
e-mail: alex.nevidimov@gmail.com

УДК 004.822

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОЛЛЕКТИВНОЙ РАЗРАБОТКИ ОНТОЛОГИЙ

А.В. Невидимов
Научный руководитель – к.т.н., доцент И.А. Бессмертный

Семантические технологии находят все больше применений в наше время. Онтологии могут использоваться как в системах поддержки принятия решений, так и в качестве источников знаний для программных агентов. Следующим витком развития интернета, предположительно, будет именно семантическая паутина.

Ключевым фактором, влияющим на востребованность и ценность онтологии, является ее качество – насколько точно и верно зафиксированные знания отражают действительность. Несмотря на значительный прогресс в области обработки текста на естественном языке, основным способом получения качественных онтологий является ручная работа экспертов. Для получения максимально качественной онтологии в сжатые сроки разумным представляется вовлечение в работу над ней нескольких экспертов.

В работе изучена задача обеспечения коллективной работы нескольких экспертов над одной онтологией. Проанализированы существующие решения данной задачи, в ходе анализа выявлены их ключевые недостатки: они не контролируют семантические конфликты и наличие избыточностей; не способствуют эффективному использованию онтологии в интеллектуальных агентах; требуют от экспертов изучения новых инструментов для разработки онтологий, поддерживающих коллективную работу.

Цель работы – создать подход к совместной разработке онтологий, оптимизирующий качество и применимость создаваемой онтологии и уменьшающий временные затраты на ее построение.

В рамках достижения данной цели были выделены следующие задачи:

1. изучение существующих решений проблемы, выявление их слабых сторон;
2. выявление типичных проблем, возникающих при разработке онтологий;
3. разработка подхода к совместной разработке онтологий, удовлетворяющего заявленной цели;
4. разработка алгоритмов обнаружения и устранения конфликтов, возникающих при совместном редактировании онтологий;
5. разработка алгоритмов обнаружения и устранения избыточностей, возникающих при совместном редактировании онтологий.

Областью исследования являются семантические технологии. Объектом исследования – процесс разработки онтологий. Предметом исследования – процесс параллельной разработки одной онтологии силами нескольких экспертов.

В результате работы был разработан подход к совместной работе над онтологиями. Ключевыми методами создания подхода было построение аналогии с процессом коллективной разработки программного обеспечения, а также проведение

анализа для выявления потенциальных проблем, возникающих в процессе совместной разработки онтологий.

Разработанный подход имеет гибкую схему ветвления; он позволяет лучшим образом, чем прочие решения, структурировать процесс работы над онтологией. Была предложена схема публикации онтологии (рисунок), при которой предоставление внешним пользователям новых знаний может проводиться полностью прозрачным для них образом при гарантированном отсутствии проблем совместимости.

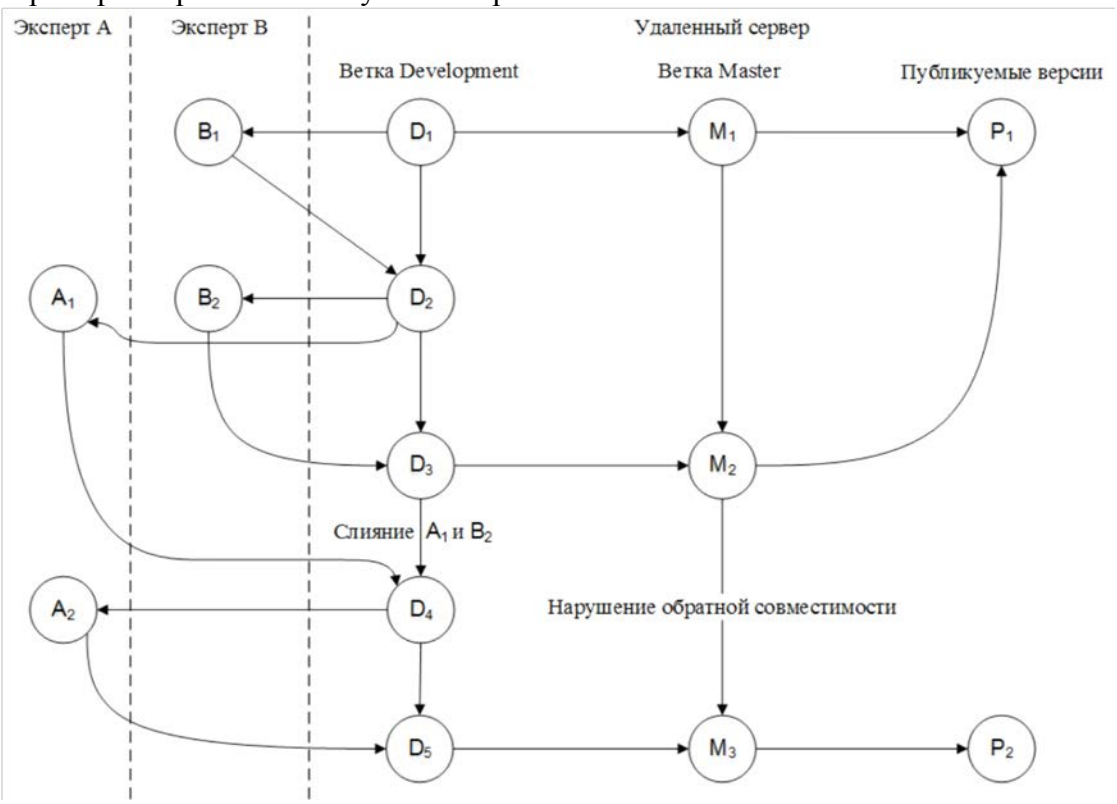


Рисунок. Схема предлагаемого подхода к совместной разработке онтологий

Кроме того, в работе были предложены решения различных задач, возникающих в ходе совместной работы над онтологией. В частности, были разработаны:

1. схема публикации для внешних пользователей разрабатываемой онтологии;
2. алгоритм для обнаружения синтаксических конфликтов;
3. алгоритм для обнаружения семантических конфликтов;
4. алгоритм для обнаружения и устранения избыточных утверждений;
5. алгоритм для обнаружения дублирующих сущностей.

Таким образом, результатом выполнения данной работ являются созданные подход и набор алгоритмов для эффективной совместной работы нескольких экспертов над одной онтологией.

Внедрение разработанного подхода рекомендуется выполнять через кодирование всех необходимых алгоритмов с последующей их интеграцией в одну из распределенных систем контроля версий.

Научная новизна работы заключается в разработке новых методов, инструментов и понятий, связанных с совместной разработкой онтологий. В частности, новым является предложенный подход к совместной работе над онтологиями, а также разработанные методы обнаружения конфликтов и избыточностей в онтологиях.

Практическая значимость работы заключается в возможности ускорения совместной разработки одной онтологии несколькими экспертами, а также повышения качества полученной онтологии путем применения разработанного подхода и методов.

Апробация результатов работы производилась в форме создания инструментария, позволяющего внести поддержку разработанных методов обнаружения конфликтов и избыточностей в онтологиях в систему контроля версий Git, и последующего применения данного инструментария в ходе разработки онтологий силами нескольких экспертов в компании AIS.

Было опубликовано краткое сообщение [2], кроме того, разработанный подход был представлен автором на II Всероссийском конгрессе молодых ученых (2013 год, НИУ ИТМО).

Литература

1. Бессмертный И.А. Семантическая паутина и искусственный интеллект // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2009. – № 6(64). – С. 77–83.
2. Невидимов А.В., Бессмертный И.А. Подход к коллективной разработке онтологий // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2013. – № 2(84). – С. 161–162.
3. Tudorache T. Supporting Collaborative Ontology Development in Protégé // ISWC '08 Proceedings of the 7th International Conference on The Semantic Web. – Berlin: ISWC '08 Proceedings of the 7th International Conference on The Semantic Web, 2008.

Николаев Владимир Вячеславович
Год рождения: 1989
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6110
Направление подготовки: 231000 – Информационно-вычислительные системы
e-mail: vladimir.nikolaev@cs.ifmo.ru

УДК 004.434

ВСТРАИВАНИЕ ПРЕДМЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАКРОСОВ В SCALA

В.В. Николаев
Научный руководитель – к.т.н., ст. преподаватель А.М. Дергачёв

В современном мире существует множество языков общего назначения, позволяющих работать с задачами любого рода. Однако использование подобных языков приводит к тому, что логика работы приложения, его сущности и бизнес-процессы оказываются скрытыми за сопутствующими вспомогательными аспектами. Работать с такими программами, сопровождать их может только человек, знакомый с технологиями, которые использует приложение. Стороннему эксперту, незнакомому со структурой системы, будет сложно разобраться в реализации бизнес-процессов предметной области, а тем более модифицировать их. Для решения таких проблем существуют предметно-ориентированные языки программирования (DSL). DSL позволяют упростить описание логики программы в рамках некоторой предметной области. Все их многообразие можно разделить на две группы: внешние и внутренние (встроенные). Встроенные предметно-ориентированные языки проще разрабатывать, при их построении используется инфраструктура базового языка программирования, а главное – знание базового языка программирования позволяет без труда изучить DSL, основанный на нем. В рамках встроенных DSL можно выделить два класса языков – поверхностные и глубоко встроенные предметно-ориентированные языки. Первые

применяются, когда нужно простое и выразительное средство для решения задач в рамках некоторой предметной области, вторые же сложны в применении, но подходят для решения задач, требовательных к производительности.

Основная проблема заключается в том, что в современных приложениях требуется сочетание свойств поверхностных и глубоко встроенных DSL. Логика работы приложения, относящаяся к определенной предметной области, должна быть описана предельно ясно и четко, без внешних конструкций. При этом чем меньше будет время выполнения DSL-программы, тем лучше. В связи с этим возникает задача поиска решения для написания DSL-программ, которые сочетают преимущества поверхностных языков с глубоко встроенными. Для решения этой задачи была основана библиотека Yin-Yang, в реализации которой участвовал автор.

В рамках работы были поставлены следующие **цели**:

1. произвести анализ существующих видов встроенных DSL на Scala. Найти закономерности в структуре и способах построения поверхностных и глубоко встроенных предметно-ориентированных языков;
2. на основании найденных закономерностей проработать и реализовать ряд этапов, позволяющих осуществить преобразование DSL-программ из поверхностной формы в глубоко встроенную;
3. подтвердить работоспособность полученного средства для преобразования программ (встраивания DSL) в рамках существующих предметно-ориентированных языков.

В рамках работы произведен анализ существующих подходов для создания предметно-ориентированных языков на Scala. На основании рассмотрения общих черт найдены закономерности построения DSL и определены правила, необходимые для преобразования поверхностных DSL-программ в глубоко встроенные. Данные правила осуществлены в ряде последовательных этапов, основными из которых являются следующие.

1. Аскрипция типов. Глубоко встроенные DSL используют сложные типы для описания структуры кода программы. В рамках языка программирования Scala для таких типов правила вывода ограничены, в связи с этим могут возникнуть проблемы с проверкой типов после преобразовании DSL-программ из простой формы в глубоко встроенную. На этапе аскрипции в поверхностной DSL-программе собирается информация о типах различных термов, как выведенных так и указанных явно. После этого исходная программа преобразуется в аналогичную, но с явно указанными типами.
2. Виртуализация конструкций. В рамках данного этапа все операции, используемые в программе на DSL, преобразуются в вызов метода.
3. Изменение контекста. На данном этапе необходимо перестроить контекст программы из поверхностного DSL в глубоко встроенный. Все методы, объекты, типы поверхностного DSL должны быть преобразованы в их аналоги из глубоко встроенного предметно-ориентированного языка.

Для осуществления этапа изменения контекста были проанализированы абстрактные синтаксические деревья, получаемые при использовании DSL-программ на различных языках. В результате сформулирована схема (рисунок) осуществления преобразования типов для DSL, основанных на принципах полиморфического встраивания, а также для языков, использующих LMS.

$$Predef,\ package \rightarrow this$$
$$Type \rightarrow Rep[this.Type]$$
$$obj.type \rightarrow this.obj.type \quad (\text{если } typeSymbol.isModuleClass)$$
$$Type_1[Type_2[...[Type_N]]] \rightarrow Rep[this.Type_1[this.Type_2[...[this.Type_N]]]]$$
$$FunctionN[Type_1,...,Type_N,Ret] \rightarrow$$
$$FunctionN[Rep[this.Type_1],...,Rep[this.Type_N],Rep[this.Ret]]$$

Рисунок. Схема преобразования типов для языков, использующих LMS

Представленное решение реализовано и используется в рамках Yin-Yang – библиотеки для прозрачного глубокого встраивания предметно-ориентированных языков программирования. Основные усилия автора при работе над Yin-Yang были направлены на реализацию действий в рамках фаз аскрипции типов и преобразования DSL-программ. Корректность преобразований, использованных в библиотеке Yin-Yang, и справедливость предложенного подхода были подтверждены экспериментально – для проверки использовались нескольких реально существующих DSL, для которых были выполнены все их сопровождающие тесты. Автор принимал участие в адаптации языка OptiGraph для работы с Yin-Yang, где была осуществлена разработка поверхностного интерфейса. Также создан ряд тестовых DSL, благодаря которым осуществлена проверка работы Yin-Yang с полиморфически встроенными языками. Программы на данных DSL также были успешно преобразованы.

В результате работы описано решение для преобразования программ, написанных на предметно-ориентированных языках, с использованием макросов в Scala. Данное средство позволяет сочетать преимущества двух описанных выше подходов – для написания программ использовать простой DSL, а во время исполнения приложения работать с программой на глубоко встроенном языке.

Полученное решение доказывает возможность сосуществования двух подходов для встраивания DSL-программ в рамках одного предметно-ориентированного языка. В дальнейшем планируется произвести адаптацию ряда других глубоко встроенных DSL на Scala, а также осуществить некоторые модификации Yin-Yang для упрощения использования библиотеки и углубления возможностей преобразования.

Литература

1. Jovanovic V., Nikolaev V., Pham N.D., Ureche V., Stucki S., Koch C. and Odersky M. Yin-Yang: Transparent Deep Embedding of DSLs. Technical Report EPFL-REPORT-185832, EPFL, Lausanne, Switzerland, 2013.
2. Hofer C., Ostermann K., Rendel T. and Moors A. Polymorphic embedding of dsls // In Proceedings of the 7th international conference on Generative programming and component engineering. – 2008. – P. 137–148.
3. Rompf T. and Odersky M. Lightweight modular staging: a pragmatic approach to runtime code generation and compiled DSLs // Sigplan. – 2010. – V. 46. – № 2. – P. 127–136.
4. Николаев В.В., Цопа Е.А. Исследование механизмов сопряжения объектно-ориентированного и реляционного представления данных в рамках ORM // Сб. тезисов докладов конференции молодых ученых. Вып. 1. – 2011. – С. 65–66.
5. Голубцов Е.С., Николаев В.В. Анализ особенностей реализации объектно-ориентированной парадигмы в проектах на Java // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых. Вып. 1. – 2012. – С. 59–60.

Павленко Никита Андреевич
Год рождения: 1990
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра оптико-электронных приборов и систем,
группа № 6312
Направление подготовки: 200400 – Оптико-электронные методы и средства обработки видеоинформации
e-mail: nikfiz@mail.ru

УДК 53.08, 681.2.084

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ЦВЕТОВОГО АНАЛИЗА ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

Н.А. Павленко
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Н. Чертов

В течение последних лет практически во всех отраслях горнодобывающей промышленности, в силу истощения минерально-сырьевой базы, наблюдается снижение содержания полезных компонентов в добываемых твердых полезных ископаемых. Следствием этого стало увеличение затрат на добычу и переработку минерального сырья [1]. Указанное обстоятельство обуславливает необходимость проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на совершенствование существующих и разработку новых, альтернативных методов (технологий) обогащения.

Одним из наиболее перспективных (интенсивно развивающихся) методов является активно внедряемый в отечественную практику обогащения, оптический (или, как его называют обогатители, «фотометрический») метод сепарации, основанный на разделении кусков/частиц минералов по цвету.

Основной недостаток существующих моделей оптических сепараторов – в части выбранных алгоритмов принятия решения, обусловленных используемыми цветовыми пространствами. Разделение происходит по критериям «темный/светлый», выделению нескольких основных цветовых оттенков, присущих объекту, или же по однородности одного из цветов. При таком подходе достаточно сложно установить точные цветовые пороги и допуски при настройке оптических сепараторов [2], а также реализовать оценку малых цветовых различий между компонентами в исследуемом материале.

Целью работы было создание стенда для изучения возможностей разделения объектов малой крупности (5–20 мм) движущихся со скоростью 0,5–2 м/с на основании анализа их цветовых характеристик. Разрабатываемая установка является прототипом оптического сепаратора малой производительности и предназначается в первую очередь для отработки технических решений и алгоритмов разделения при решении задач сортировки непрозрачных сыпучих объектов и материалов.

По результатам анализа существующих оптических сепараторов и исследования возможных схем построения установки для цветового анализа движущихся объектов была разработана схема, включающая в себя систему подачи на базе ленточного транспортера шириной 150 мм, линейную камеру и несколько источников освещения для подсветки зоны анализа (рис. 1).

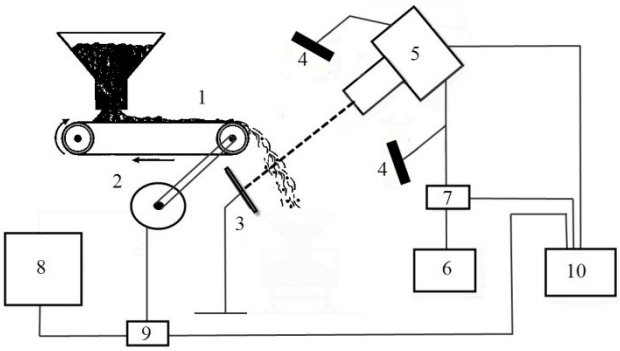


Рис. 1. Схема построения макета: 1 – транспортная лента; 2 – двигатель; 3 – фон; 4 – источники освещения; 5 – высокоскоростная камера; 6 – блок питания источников; 7 – блок управления источниками освещения; 8 – блок питания двигателя; 9 – блок управления двигателем; 10 – устройство управления и анализа

При решении задачи расположения камеры необходимо было учитывать, что анализ объектов должен происходить на строго определенных участках траектории. Как можно ближе к ленте, однако, так, чтобы в кадре были только объекты на фоне, и поле зрения объектива не задевало ленту. Дело в том, что, после прохождения материала через зону анализа, информация о выделении объекта должна поступать в систему отсечки, за как можно меньшее время. Ведь он с течением времени будет изменять свое положение в пространстве и это может заметно осложнить работу системы отсечки.

Так были рассчитаны траектории движения объектов при скорости 2, 1 и 0,5 м/с, по которым была получена информация о положении камеры, представленная на рис. 2 и в таблице.

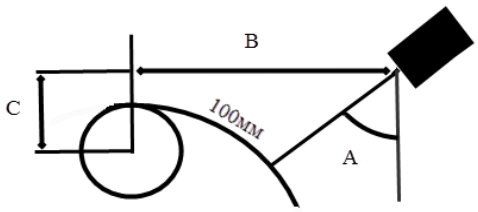


Рис. 2. Расположение центра камеры по отношению к траектории движения объектов

Таблица. Данные значений рис. 2

Скорость движения объектов, м/с	A, град	B, мм	C, мм
2	13,2	182	348
1	38,7	298	261
0,5	67,5	322	44

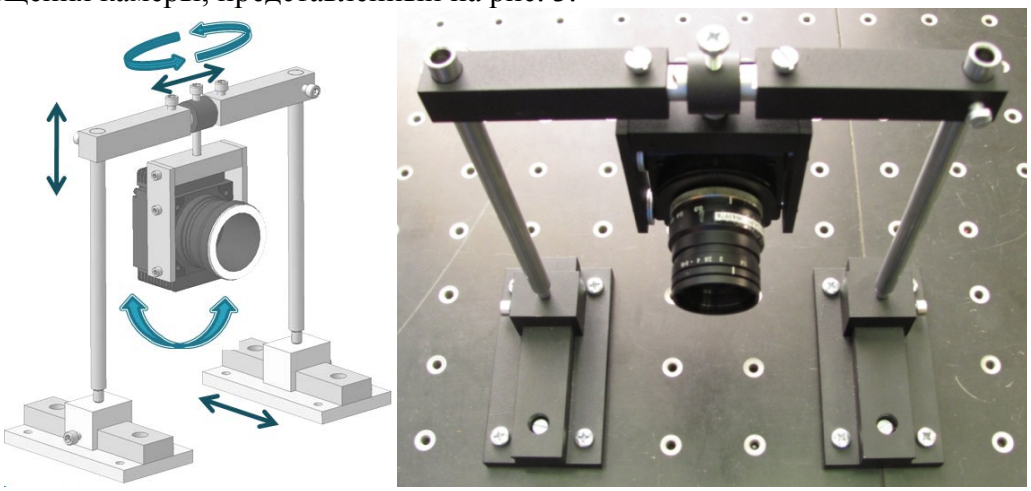
Для соответствия реальной траектории движения объектов рассчитанным, диаметр вала системы подачи не должен превышать 30 мм, а скорость его вращения должна регулироваться в пределах ≈318–1273 об/мин.

Энергетический расчет системы показал, что минимально необходимый, световой поток для освещения объектов в поле зрения матрицы камеры должен составлять 2,71 лм. Его можно обеспечить подсветкой из белых светодиодов. Длина каждой каждого такого источника должна составлять 160 мм для полного покрытия зоны анализа.

Узел видеорегистрации для быстрого сканирования материала, было решено построить на базе высокоскоростной линейной камеры Basler sprint spL2048-39kc.

Сам принцип действия данной видеокамеры предполагает запись и визуализацию на экране динамических объектов. В связи с этим возникают трудности в процессе получения достоверного изображения объектов, скорость которых неравномерна. Однако те преимущества в быстродействии, которые нам обеспечивает линейный сенсор, необходимы при работе с быстродвижущимися объектами.

По поставленным условиям был смоделирован образец штатива для контроля перемещения камеры, представленный на рис. 3.



а б

Рис. 3. Модель (а) и готовый узел (б) крепления камеры для установки цветового анализа движущихся объектов

В ходе подбора комплектации системы подачи были выбраны и закуплены:

- коллекторный электродвигатель постоянного тока серии ДПМ-35-Н2-02;
- зубчатые ремни SKF PHG T2,5-480-10 и шкив SKF PHP 20-T2.5-12 RSB и SKF PHP 20-T2.5-20RSB;
- транспортные ленты St.Petersburg (ПВХ), Pskov (ПВХ) и Onega (Полиуретан).

После подбора комплектации была разработана модель системы подачи и на ее основе создан узел крепления двигателя, показанный на рис. 4.

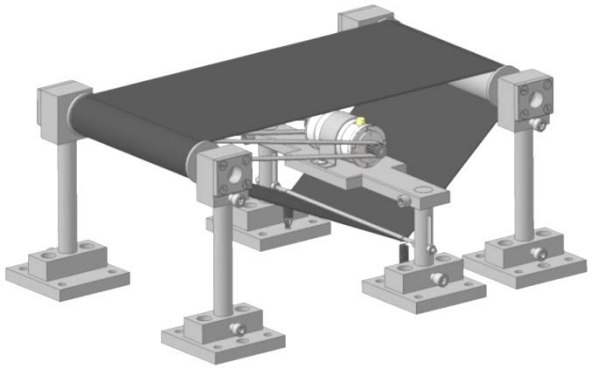


Рис. 4. Модель системы подачи на базе транспортера

Для выполнения поставленных задач необходимо было проведение настройки цветопередачи линейной камеры Basler sprint spL2048-39kc и получение динамического изображения.

Просмотр видеоизображения, получаемого с камеры, возможен при помощи программного обеспечения, идущего в комплект к фреймграбберу модели National Instruments PCIe 1427, которая и была приобретена.

Зная скорость движения и необходимое количество кадров в секунду, мы можем задавать длительность периода записи видео. Исходя из этого, была создана программа, которая позволяет сохранять все получаемые с сенсора кадры и выстраивать их

последовательно в конечное изображение, которое может быть сохранено на компьютере (в данном случае это сохранение происходит в корневую папку с программой).

В ходе экспериментов с разработанной программой сканирования в зоне анализа камера фиксировала монослой сырья (Флюорит +2–1 мм), который высыпался с плоского лотка. Стоит заметить, что размер объектов значительно меньше предполагаемого к сортировке. Результаты эксперимента можно увидеть на рис. 5.

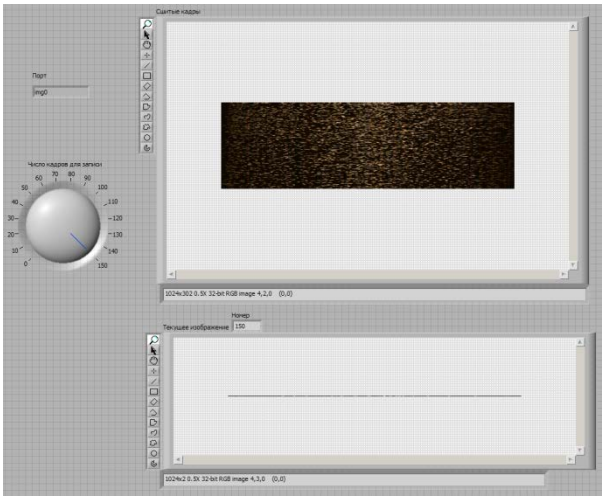


Рис. 5. Изображение монослоя флюорита крупностью +2 – 1 мм

На рис. 5, в верхнем окне с конечным изображением видно, что объекты получились смазанными. Этот эффект вызван несколькими причинами:

- флюорит, подаваемый в зону анализа был сухой, поэтому мелкие частицы минеральной пыли создавали некоторый ореол свечения;
- минеральные объекты в ходе эксперимента двигались неравномерно ввиду чрезмерного уплотнения потока (объекты перекрывали друг друга и сталкивались друг с другом);
- из-за того, что размеры анализируемых объектов уступают размерам, для которых создавалась система подачи, то итоговая скорость движения частиц флюорита не соответствовала расчетной, что привело к сплющиванию изображений объектов.

Все указанные причины привели к снижению качества работы установки.

Следовательно, при эксплуатации разработанной установки для получения адекватных действительности результатов необходимо принимать соответствующие меры для устранения описанных эффектов.

В ходе проделанной работы была усовершенствована методика проведения полного габаритно-энергетического расчета и физической реализации установки для цветового анализа движущихся минеральных объектов на базе известных данных о крупности, параметрах подачи и траекториях движения указанных минеральных объектов в зоне анализа.

Данная разработка и полученные результаты могут быть использованы для отработки технических решений и алгоритмов разделения при решении задач сортировки непрозрачных сыпучих объектов и материалов и, в конечном итоге, при создании экспериментального образца оптического сепаратора минерального сырья.

Литература

1. Секисов Г.В., Соболев А.А. Рациональный способ освоения месторождений твердых полезных ископаемых с применением карьерного мобильного подготовительного перерабатывающего комплекса // ГИАБ. – 2012. – № 9. – С. 251–260.
2. Горбунова Е.В. Оптико-электронные системы цветового анализа минерального сырья. Теоретические основы и практические приложения. – Saarbrucken: Lambert Academic Publishing, 2011. – 164 с.

Петухова Дарья Борисовна
Год рождения: 1989
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра оптико-электронных приборов и систем,
группа № 6312
Направление подготовки: 200400 – Оптико-электронные методы и средства обработки видеоинформации
e-mail: PetuxovaDarja@yandex.ru

УДК 53.08, 681.2.084

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ЦВЕТОВОГО АНАЛИЗА МИНЕРАЛОВ

Д.Б. Петухова
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Н. Чертов

На сегодняшний день одним из перспективных методов сепарации руд твердых полезных ископаемых является оптический (фотометрический) метод обогащения, который основан на регистрации цветовых различий анализируемых объектов. Данный метод активно применяется во многих странах, однако обогатительное оборудование, реализующее указанный принцип, все еще требует совершенствования, а также расширения сферы решаемых задач.

Первым недостатком существующих оптических сепараторов является невозможность различения тонких цветовых оттенков. В первую очередь это зависит от сложности алгоритма цветового анализа, заложенного в программное обеспечение. Также одной из причин может быть использование неоптимального для поставленной задачи цветового пространства.

Второй недостаток заключается в том, что, как правило, сепараторы приспособлены под определенный тип сырья, и процесс их адаптации к смене руды в некоторых случаях невозможен, либо осуществляется довольно сложно. Обычно пользовательский интерфейс такого оборудования просто не предусматривает смены внутренних рабочих параметров алгоритма, в этом случае перенастройку системы может произвести только специалист фирмы производителя, что приводит к дополнительным временным и финансовым затратам.

Сложность перенастройки объясняется еще и тем, что до сегодняшнего дня не были сформированы принципы определения параметров (критериев) разделения минеральных объектов в режиме машинного обучения. Почти во всех сепараторах этот

процесс не автоматизирован, а осуществляется путем подбора, что приводит к невозможности быстрой предварительной оценки обогатимости той или иной руды фотометрическим методом.

Таким образом, актуальным является проведение исследований, направленных на устранение указанных недостатков и, как следствие, совершенствование оптического метода обогащения минерального сырья.

Целью работы было исследование принципов цветового анализа применительно к решению задачи селекции минеральных объектов с использованием видеоинформационных средств наблюдения, а также разработка алгоритма функционирования подобных систем с учетом необходимости определения параметров разделения объектов.

После проведения теоретического обзора основных принципов обработки цветных изображений было выявлено, что для получения окончательного алгоритма цветового анализа минеральных объектов необходимо последовательно реализовать следующие функции.

1. Получение данных с матрицы и построение полноцветного изображения. Метод интерполяции должен обеспечивать необходимый уровень качества, при этом его быстродействие не должно ощутимо замедлять работу установки.
2. Выделение объекта на относительно равномерном фоне. Алгоритм должен правильно отделять от объекта наличие тени, что важно для получения правильного результата цветового анализа.
3. Цветовая сегментация на выделенном объекте. Система должна быть достаточно чувствительной для различения близких оттенков.
4. Автоматическая классификация объекта на основе выявленных критериев разделения объектов.

Рис. 1. Схема разработанного алгоритма

Представленная схема разработанного алгоритма отражает основные этапы процесса цветового анализа (рис. 1). Ниже более подробно рассмотрен каждый из них.

Для выбора оптимального способа интерполяции были выбраны двадцать один метод интерполяции различного уровня сложности.

В графическом редакторе было создано изображение, имеющее характерные области, при обработке которых наиболее часто возникают артефакты (рис. 2): прямая линия – 1, косая – 2, область границы между двух цветов – 3, плавная граница – 4, а также мелкие объекты – 5.

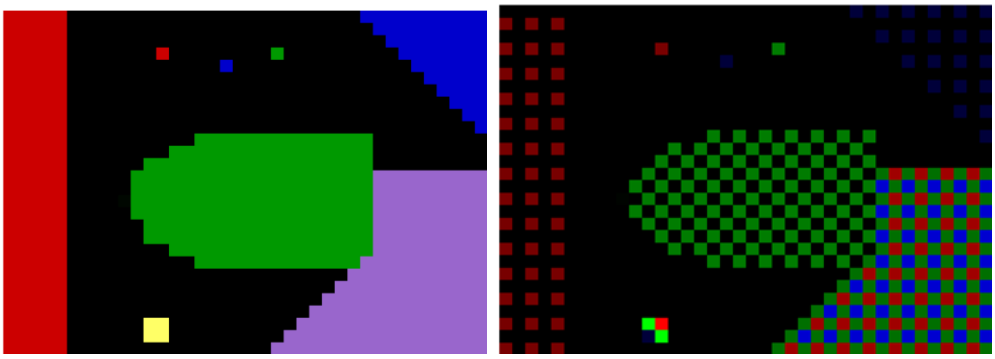


Рис. 2. Тестовое изображение и его RAW-формат

Восстанавливая RAW-формат тестового изображение до «полноцветного» различными методами интерполяции и вычисляя значения PSNR, была сформирована табл. 1, где алгоритмы расположены в порядке увеличения качества проинтерполированного изображения.

Таблица 1. Сравнение методов цветовой интерполяции

Название алгоритма:	PSNR		
1.Nearest	17.56183	11.Bilinear	20.53772
2.Chang-Tan	19.43616	12.David cok	20.53772
3.Malvar He Cutler	19.96013	13.Chuan-kai Lin	20.56421
4.Laroche-Prescott	20.03506	14.PMI	20.57906
5.Adaptive	20.18636	15.Adams	20.63675
6.Freeman	20.28008	16.Ron Kimmel	20.64211
7.Wang-Lin-Xue	20.33354	17.Lukin-Kubasov	20.64211
8.VNG	20.34372	18.Bicubic	20.70012
9.Hamilton-Adams	20.43820	19.Wemmiao Lu	20.75577
10.Hamilton	20.43820	20.PRI	20.78996
		21.AHD	20.85858

Логично предположить, что с повышением сложности метода цветовой интерполяции улучшается и качество восстанавливаемых изображений. Это хорошо согласуется с полученными результатами. Для наглядности ниже представлен метод с самым низким показателем PSNR, средним и высоким (рис. 3). Как мы можем заметить, правильная интерпретация мелких объектов, а также цветовых границ происходит не всегда.

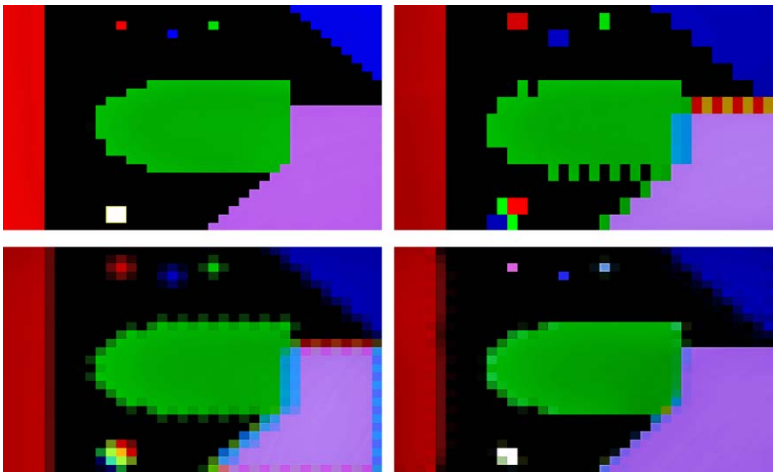


Рис. 3. Примеры методов интерполяции: 1 – оригинал, 2 – Nearest, 3 – PMI, 4 – Wemmiao Lu

Так как в цветовом анализе объектов руды зачастую важно сохранить высокое качество цветопередачи порой очень мелких цветовых вкраплений, основное внимание при выборе было уделено способности метода к восстановлению мелких делателей. На рис. 3 хорошо заметно, что наименьшее количество ложных цветовых оттенков вносит четвертый метод. Таким образом, на основе представленного сравнения был сделан выбор в пользу метода Wemmiao Lu, который и будет применен в разрабатываемом алгоритме.

При выборе способа для оконтуривания необходимой зоны изображения были испробованы несколько распространенных на сегодняшний день способов: дифференциальные методы, оператор Робертса, Лапласиан, оператор Собела, выделение контуров через оператор Кени, с помощью межкадровой разности в совокупности с оператором Кени. Первые четыре метода на реальных объектах не обеспечивали необходимого качества результата. Объяснялось это недостаточностью контраста анализируемых изображений. При тех же условиях применение оператора Кени эффективно решало задачу. Неудобство заключалось в том, что отличающиеся по яркости объекты требовали задания индивидуальных параметров (например, градиентные пороги). Таким образом, выбор был сделан в пользу применения оператора Кени в совокупности с межкадровой разностью (рис. 4).

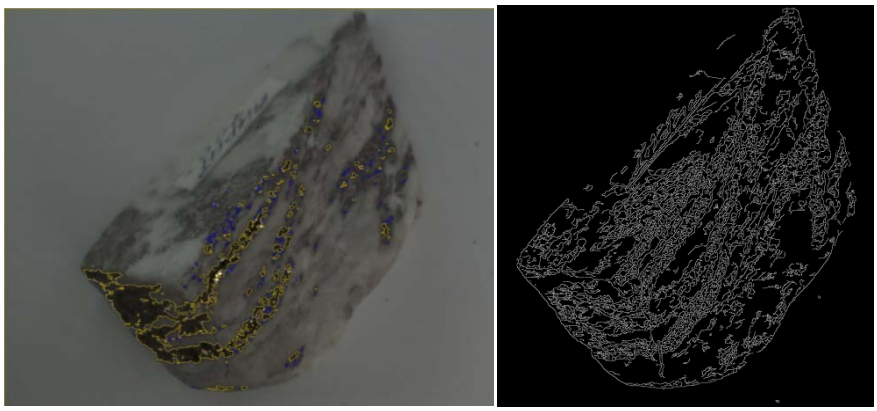


Рис. 4. Выделения контуров с помощью операторов Собела и Кени

Для решения задачи автоматического определения критериев разделений минеральных объектов использовалась интерактивная цветовая сегментация. Проведя сравнительный анализ модификаций известного метода Magic Wand, было решено реализовать выделение цвета следующим образом. Оператор ставит метку на цветовой области, которую необходимо выделить. Определив координаты метки, алгоритм вычисляет среднее значение по всем трем каналам в области 5×5 вокруг данной метки. Далее каждый пиксель анализируемого изображение проверяется на выполнение представленного здесь условия. В случае неудовлетворения условию пиксель обнуляется. Таким образом, на изображении остаются лишь пиксели, которые попадают в окружности с радиус R в кубе цветовой системы RGB. Радиус по умолчанию равен 20, но оператор в случае необходимости может изменить это значение (рис. 5).

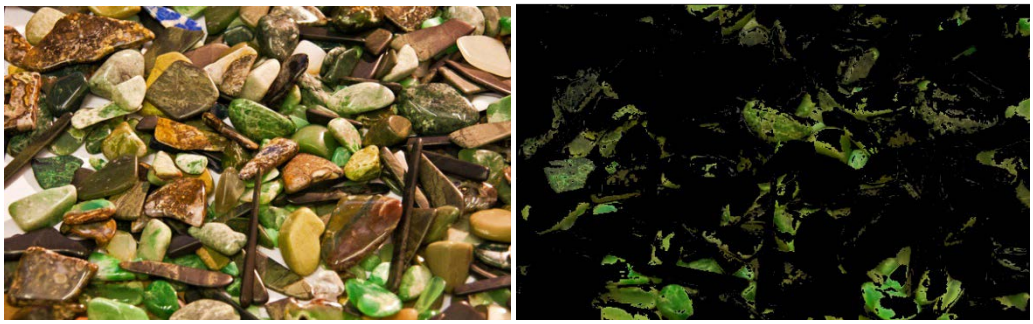


Рис. 5. Выделение зеленых оттенков

Далее на основе исследованных этапов цветового анализа было разработан тело алгоритма, а также сформирована его программная оболочка.

Анализ объектов проводится в двух режимах. Первый режим – режим диагностики (рис. 6), направлен на то, чтобы оператор задал необходимые ему параметры разделения, а система адаптировалась под них и сформировала условия для дальнейшего автономного анализа. Получив от узла регистрации изображение объекта, оператору необходимо отнести каждый из объектов к одной из трех групп: «концентрат», «промежуточный» и «хвосты». Затем с помощью мыши поставить метку на полезной части объекта. Алгоритм самостоятельно выделяет отмеченный диапазон цвета уже на всем изображении. В таком режиме мы анализируем по два объекта из каждой группы. Второй режим, режим проверки, автоматически анализирует остальные объекты. В нашем случае их три. Усреднив полученные с помощью оператора данные, программное обеспечение самостоятельно выделяет на последующих объектах полезную часть, высчитывает процентное соотношение к общей площади объекта, и делает вывод о том, в какую группу следует отнести данный объект.

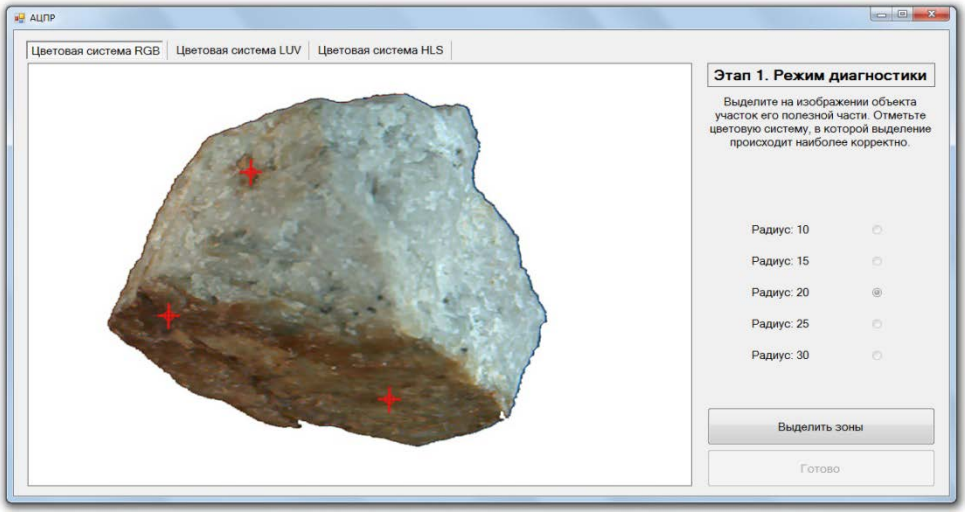


Рис. 6. Пример выделения оператором необходимого цвета

По окончании исследования одного месторождения, программное обеспечение сохраняет информацию по каждому объекту в структурированную базу данных. Экспериментальная проверка разработанного программного обеспечения проводилась на образцах золотосодержащей и медно-никелевой руды. Отчет об исследовании золотосодержащей руды представлен ниже. Анализ объектов в режиме проверки показал, что алгоритм справился с поставленной задачей, так как все пятнадцать минеральных объектов были отнесены в правильную группу (табл. 2). При этом порог полезности составил 39%. Также следует отметить повторяемость результатов,

получаемых при анализе разработанным программным обеспечением, что доказывается проведением данного эксперимента несколько раз.

Научная новизна работы заключается в том, что на основании методов анализа цифровых цветных изображений с учетом элементов теории описания (представления) цвета был предложен принцип обработки цветных изображений минеральных объектов (со сложной структурой и рельефом поверхности) рудной пробы с целью выявления критериев и параметров их разделения оптическим методом.

Таблица 2. Отчет об исследовании золотосодержащей руды

Информация по объектам

Месторождение	№ эксперимента	Полезность	Проценты	Режим
Зарница (Кварц, 15)	1	Граничный	39,57116526526	Диагн
Зарница (Кварц, 15)	2	Не полезен	10,82316430988	Диагн
Зарница (Кварц, 15)	3	Не полезен	0,873456686787	Диагн
Зарница (Кварц, 15)	4	нет	8,816568506490	Пров
Зарница (Кварц, 15)	5	Полезен	62,528066360228	Пров
Зарница (Кварц, 15)	6	Полезен	57,268974151336	Пров
Зарница (Кварц, 15)	7	нет	38,005216876865	Пров
Зарница (Кварц, 15)	8	нет	32,449057388411	Пров
Зарница (Кварц, 15)	9	Полезен	78,571805864901	Пров
Зарница (Кварц, 15)	10	Полезен	56,544270062185	Пров
Зарница (Кварц, 15)	11	нет	3,321994163247	Пров
Зарница (Кварц, 15)	12	нет	12,098226763144	Пров
Зарница (Кварц, 15)	13	нет	16,512187975674	Пров
Зарница (Кварц, 15)	14	нет	22,241806365450	Пров
Зарница (Кварц, 15)	15	Полезен	40,967113093843	Пров

Практическая значимость заключается в том, что достигнутые в ходе работы результаты позволят:

- реализовать процесс оценки возможности обогащения руд твердых полезных ископаемых без прямого опробования на существующих сепараторах;
- облегчить настройку существующих оптических сепараторов и уменьшить время, необходимое для проведения их перенастройки под разные типы минерального сырья;
- расширить область применения оптического метода обогащения руд твердых полезных ископаемых.

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. – 2007. – С. 56–59.
2. Годен Ж. Колориметрия при видеообработке: пер. с франц. А.Л. Лаут. – М.: Техносфера, 2008. – 328 с. – С. 120.

Подгорных Юлия Александровна
Год рождения: 1990
Факультет оптико-информационных систем и технологий, кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа № 6309
Направление подготовки: 200400 – Прикладная оптика
e-mail: julijapdg@gmail.com

УДК 535.317.1

ВАРИАНТЫ КОМПОЗИЦИИ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЗЕРКАЛЬНЫХ ТЕЛЕСКОПОВ С ГЛАВНЫМ ЗЕРКАЛОМ СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Ю.А. Подгорных
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Зверев

Входным зрачком крупногабаритных телескопов, как правило, является оправа главного зеркала. В этом случае при существующем уровне технологии изготовления и из соображений практической осуществимости форма отражающей поверхности главного зеркала должна быть сферической. Афокальная система, состоящая из главного зеркала сферической формы и вторичного зеркала, поверхность которого эквидистантна параболоиду, должна быть кеплеровского типа [1, 2], т.е. иметь промежуточное изображение, как показано на рис. 1.

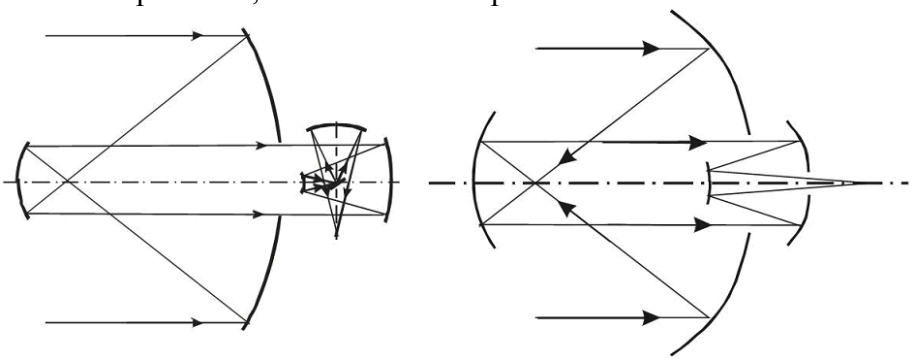


Рис. 1. Варианты композиции оптической системы при сферической форме главного зеркала

Если в зеркальном объективе Грегори плоскость изображения проходит через вершину поверхности главного зеркала, то поверхность этого зеркала изобразится вторичным зеркалом в плоскости промежуточного изображения [3, 4]. Тогда в этой плоскости можно поместить дополнительную отражающую поверхность, как показано на рис. 2.

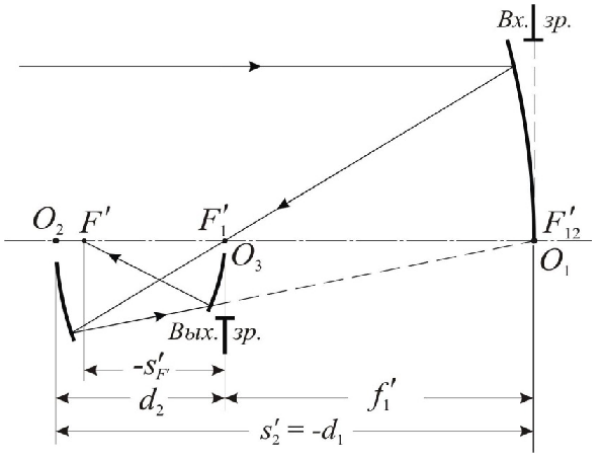


Рис. 2. Схема оптики объектива с отражающей поверхностью в выходном зрачке

Коррекционными параметрами в полученной оптической системе являются коэффициенты деформации отражающих поверхностей σ_1, σ_2 и σ_3.

Подбором коэффициента σ_2 можно компенсировать или остаточную кому, или астигматизм.

Сферическую аберрацию можно компенсировать подбором коэффициентов σ_1 и σ_3, причем эти коэффициенты могут принимать и такие значения, как $\sigma_1=0$ при $\sigma_3\neq0$ или $\sigma_3=0$ при $\sigma_1\neq0$.

Очевидным достоинством рассматриваемой оптической системы является то, что при апланатической коррекции аберраций главное (большое) зеркало может иметь сферическую форму.

Очевидным недостатком рассматриваемой оптической системы является большая длина системы и неудобное расположение приемника изображения на большом расстоянии от главного зеркала.

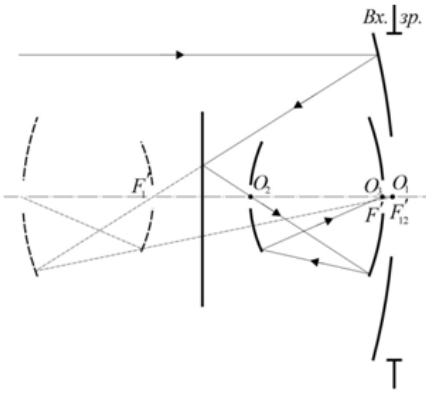


Рис. 3. Схема оптики инвертированного объектива с отражающей поверхностью в выходном зрачке

Однако, поставив следующим по ходу луча после главного зеркала плоское зеркало, можно добиться сокращения длины системы примерно в два раза. На рис. 3 показан ход лучей при таком схемном решении. В предельном случае коэффициент экранирования главного зеркала плоским $k_{Эпл.}=0{,}375$, что является допустимым. Таким образом, мы получаем инвертированную схему объектива, которая имеет более конструктивный вид.

Однако в этой схеме главное зеркало не несет коррекционной нагрузки. Поэтому систему главного зеркала с плоским естественно заменить системой из двух отражающих поверхностей типа оптической системы Кассегрена, как показано на рис. 4. При этом в полученной системе при сферической форме главного зеркала возможна компенсация не только сферической аберрации, комы и астигматизма, но и кривизны поверхности изображения.

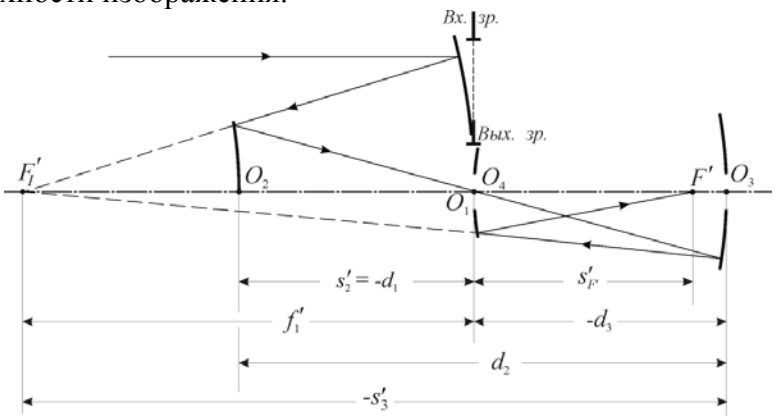


Рис. 4. Схема оптической системы объектива при сферической форме главного зеркала

Литература

1. Puryayev D.T. Afocal two-mirror system // Optical Engineering. – 1993. – V. 32. – № 6. – P. 1325–1327.
2. Зверев В.А., Бахолдин А.В., Гаврилюк А.В. Оптическая система высокоапертурного телескопа // Оптический журнал. – 2001. – Т. 68. – № 6. – С. 6–14.
3. Русинов М.М. Несферические поверхности в оптике. – М.: Недра, 1973. – 296 с.
4. Русинов М.М. Композиция оптических систем. – Л.: Машиностроение, 1989. – 383 с.

Посмитная Яна Станиславовна
Год рождения: 1990
Факультет точной механики и технологий,
кафедра нанотехнологий и материаловедения, группа № 6676
Направление подготовки: 200100 – Приборы исследования и модификации материалов на микро- и наноразмерном уровне
e-mail: posmitnaya@rambler.ru

УДК 543.9+54.07+53.086

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ МИКРОФЛЮИДНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОЛИМЕРАЗНОЙ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ В ГЕЛЕ

Я.С. Посмитная
(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики)
Научный руководитель – д.т.н., ст.н.с. А.А. Евстрапов
(Институт аналитического приборостроения РАН)

Биосенсоры и микрофлюидные чипы, входящие в состав аналитических систем «лаборатория-на-чипе», находят широкое применение в различных сферах деятельности человека, в том числе при медицинской диагностике, в биологических исследованиях, в системах национальной безопасности, в криминалистике, фармакологии [1]. Эти устройства позволяют осуществлять высокочувствительный и специфичный экспресс-анализ биологических проб. Однако их массовое использование затруднено в связи с высокой стоимостью, как изготовления, так и применяемых материалов (кремний, стекло). В связи с этим интенсивно развиваются технологии получения биосенсорных и микрофлюидных устройств из полимеров.

Среди полимерных материалов наиболее востребованным для микрочиповых технологий являются: полиметилметакрилат (ПММА), поликарбонат, полидиметилсилоксан и др. Такие материалы обладают необходимыми физическими, механическими и коммерческими характеристиками, подходящими для микрофлюидных устройств, в том числе ориентированных на полимеразную цепную реакцию (ПЦР). Эта реакция является базовой при создании и развитии аналитических методов в молекулярной биологии. Современными реализациями ПЦР являются: количественная ПЦР (например, ПЦР в реальном времени) и цифровая ПЦР (цПЦР) [2]. Последняя позволяет обнаруживать отдельные молекулы ДНК в пробе. Перспективным направлением развития цПЦР является ее постановка в среде геля.

Такой подход позволяет создать микрофлюидные устройства (чипы) с относительно низкой стоимостью по сравнению с коммерческими устройствами для цПЦР. Однако для чипов из полимерных материалов недостаточно хорошо отработаны методы модификации поверхности и иммобилизации геля, отсутствуют регламентированные способы контроля стадий изготовления устройств, что приводит к высокому проценту некачественных изделий.

Таким образом, для улучшения аналитических характеристик биочиповых и микрофлюидных устройств и снижения их стоимости требуется проведение комплексных исследований, связанных с контролем свойств поверхности полимерного материала на всех стадиях изготовления и обработки устройств с целью создания методологического подхода, позволяющего оценивать качество обработки и иммобилизации рабочей среды.

Целью работы была разработка методологического подхода с использованием комплексных неразрушающих методов, позволяющих оценивать состояние поверхности в процессе изготовления микрофлюидных чипов для полимеразной цепной реакции в гелевой среде.

При выполнении работы необходимо было решить следующие задачи:

- провести сравнительный анализ способов изготовления реакционных камер в полимерных материалах;
- выполнить экспериментальные исследования по выбору эффективных методов обработки поверхности для силанизации и контроля ее качества;
- осуществить спектрофотометрические измерения светопропускания реакционной камеры с гелем для разных методов обработки;
- проанализировать полученные результаты и выработать рекомендации по контролю качества фиксации геля в микрофлюидных чипах.

Упрощенно изготовление микрочипа для цПЦР можно разделить на следующие стадии: изготовление реакционной камеры, модификация поверхности, силанизация, иммобилизация геля.

Для исследования свойств поверхности, а также изготовления микрочипов для ПЦР в геле был выбран ПММА, как коммерчески доступный в России полимерный материал, обладающий соответствующими характеристиками для решения поставленной задачи. Изучались две марки ПММА: пластифицированный полимер эфира метакриловой кислоты ТОСП (ГОСТ 17622-72, ТУ 2216-271-05757593-2001) и экструзионный акриловый пластик ACRYMA®72 (ТУ 2216-030-55856863-2004).

Методами механической обработки, термоформованием и лазерной микрообработкой в образцах полимеров с размерами 24×24×1 мм были сформированы реакционные камеры, в которых впоследствии проводилась иммобилизация геля. Однако после предварительных экспериментов были выявлены недостатки в каждом из методов формирования камер (например, появление краевых эффектов, неоднородность по глубине камеры, непрозрачность). Исходя из этого, в экспериментах применялась двухслойная система, позволяющая за короткое время осуществить изготовление пилотных образцов устройства для отработки предлагаемого подхода. Размеры реакционной камеры: диаметр 6,5 мм; глубина 1 мм. Чип состоял из двух пластин: подложки и пластины с отверстием, связанных между собой адгезивом.

Следующей стадией изготовления является модификация поверхности, которая влияет на топологические параметры поверхности, что может быть зарегистрировано методом сканирующей ближнепольной оптической микроскопии (СБОМ), приводит к изменению спектральных характеристик, детектируемых методом фотометрии, и изменяет свойства смачивания, контролируемые методом лежащей капли.

В качестве физических методов модификации были выбраны плазменная и ультрафиолетовая (УФ) обработки. Предварительно образцы промывались в этиловом спирте в ультразвуковой ванне, высушивались при комнатной температуре, затем осуществлялась обработка поверхностей, и проводились необходимые измерения.

Плазменная обработка поверхностей полимеров происходила при давлении $2 \cdot 10^{-3}$ бар в среде аргона в течение 5 мин (в вакуумной напылительной установке SPI Module Sputter/Carbon Coater) [3].

Ультрафиолетовое воздействие на полимеры выполнялось при помощи УФ ртутной лампы в спектральном диапазоне 250–350 нм в течение 1 ч.

В качестве химической модификации были выбраны следующие методы обработки.

1. Обработка серной кислотой (реакция гидролиза в кислой среде) [4]. Образцы полимера помещались:
   - в изопропиловый спирт (ИПС);
   - в этиловый спирт и промывались в ультразвуковой ванне. Высушивались при комнатной температуре, далее проводилась химическая обработка.
2. Гидрирование в присутствии алюмогидрида лития (ЛАГ). В диэтиловом эфире растворяли алюмогидрид лития ($LiAlH_4$), образец помещали в данный раствор и выдерживали в течение 24 ч.

Целью модификации материала было создание на поверхности дополнительных гидроксильных групп, что должно приводить к увеличению гидрофильности. С помощью метода лежащей капли были проведены исследования свойств смачивания поверхностей полимеров после физической и химической обработок. Метод является экспрессным и позволяет не только оценивать изменение контактного угла, но и определять по коэффициенту вариации насколько поверхность равномерно обработана. Проводилось по 7–8 измерений для каждого образца (контактный угол с деионизованной водой), объем капли 20 мкл.

Из способов физической модификации поверхности наиболее эффективным оказалось плазменное воздействие. Для ПММА марки ТОСП происходит снижение значения контактного угла на 46°, для марки ACRYMA – на 34°. Среди химических методов модификации поверхности полимера марки ТОСП, приводящих к наиболее существенному изменению свойств смачивания, является обработка ЛАГ. Однако этот способ является длительным и трудоемким и требует наличия специального оборудования и помещений.

Согласно полученным на СБОМ данным установлено, что:

- при УФ обработке полимеров обеих марок сохраняются их характерные структуры, но изменяются значения топологических параметров поверхности;
- после химической обработки выявлено, что для полимеров обеих марок сохраняется характерная для них структура поверхности.

Наличие гидроксильных групп регистрировалось методом спектрофотометрии по уменьшению значения относительного пропускания света ΔT (относительно необработанной поверхности) на длине волны λ=2138 нм. Для ПММА марки ACRYMA после УФ обработки получены незначительные изменения до 1%, а для полимеров обеих марок после кислотной обработки с промывкой в этиловом спирте: для ПММА марки ТОСП происходит уменьшение ΔT на 4%, а для образца марки ACRYMA наблюдается снижение ΔT на 1%.

Наиболее эффективной, в идеальном случае, являлась бы такая физическая или химическая обработка, которая приводила бы с точки зрения изменения:

1. свойств смачивания – к увеличению гидрофильности (поверхность с такими свойствами будет эффективнее обрабатываться при нанесении силана);

2. шероховатости – к увеличению данного параметра (что приводит к возрастанию площади поверхности, благодаря чему в процессе обработки можно получить большее количество реакционноспособных групп);
3. светопропускания, характеризующего количество групп ОН на поверхности – к уменьшению значения относительного пропускания.

Выполнение всех трех условий согласно полученным результатам наблюдается только после кислотной обработки с предварительной промывкой в этиловом спирте для полимеров обеих марок. В связи с этим можно предположить, что при данной обработке будет наблюдаться прочная фиксация геля к поверхности.

Стадия силанизации поверхности важна для получения равномерно распределенных реакционных групп, которые затем могут применяться для функционализации поверхности, в том числе при создании чувствительных площадок в биосенсорах. В работе решалась задача проведения эффективной силанизации реакционной камеры в микрочипе с целью иммобилизации акриламидного геля.

Данная стадия контролировалась двумя методами: эллипсометрии и спектрофотометрии. Исследования изменения поверхности ПММА методами эллипсометрии показали, что после силанизации образуются тонкие слои с показателем преломления отличным от показателя преломления подложки. Метод является перспективным для оценки качества образующегося слоя и требует адаптации под данные задачи.

Результатом силанизации должно быть образование вакантных групп СН, которые связываются с поверхностью через группы ОН и способствуют фиксации геля. Взаимодействие этих групп с силаном должно приводить к уменьшению их количества, и, следовательно, возрастанию относительного пропускания.

Для ПММА марки ТОСП наблюдается увеличение относительного светопропускания на длине волны λ=2138 нм после предварительной кислотной обработки (промывка в этиловом спирте). Аналогичные результаты наблюдаются и для полимера марки ACRYMA.

Конечная стадия иммобилизации полиакриламидного геля в реакционной камере двухслойного микрочипа соответствовала протоколу для стеклянных поверхностей, т.е. включала стадии силанизации и полимеризации акриламида. Гели в процессе изготовления микрочиповых устройств отливались по методике А.Б. Четверина (Институт белка РАН) [5].

Для контроля качества иммобилизации геля были предложены две теоретические модели, соответствующие случаю плотной фиксации геля в камере и ситуации, при которой возникает дополнительная граница раздела сред в виде слоя воздуха. Разница в светопропускании между первым и вторым случаями составляет около 7%, что может быть измерено методами спектрофотометрии. Были получены экспериментальные данные светопропускания для камер с гелем, близкие к теоретическим значениям, что позволяет сделать вывод о качественной иммобилизации.

Проведенные исследования по обработке поверхности и иммобилизации акриламидного геля в реакционной камере микрочипа для ПЦР из ПММА марки ТОСП показали, что наиболее эффективным и надежным методом является обработка серной кислотой с предварительной промывкой в этиловом спирте. Это подтверждается изменением смачивания поверхности, шероховатости, светопропускания, а также совпадением расчетных данных с экспериментальными, полученными при измерении пропускания света для камеры с гелем.

Одной из основных задач работы являлось исследование и выбор наиболее эффективного метода обработки, позволяющего иммобилизовать на поверхности реакционной камеры в пластине ПММА, акриламидный гель. Конструкция

микрочипового устройства с реакционной камерой с гелем используется для реализации метода молекулярных колоний – высокочувствительного метода цифровой ПЦР для обнаружения сверхмалых количеств ДНК в пробе. Фиксация акриламидного геля возможна при силанизации поверхности.

В работе рассмотрены и исследованы физические и химические способы обработки поверхности ПММА двух разных марок ТОСП и ACRYMA: плазменная обработка в среде аргона, воздействие УФ излучения, обработка серной кислотой с разными стадиями подготовки образца (изопропиловый и этиловый спирты), гидрирование в присутствии алюмогидрида лития и предложен комплексный подход, позволяющий оценить качество получаемой поверхности и выявить наличие реакционных групп. Исследованы характеристики поверхности после физической и химической обработки, а также после стадии силанизации. При оценке свойств поверхности применялись методы: оптической спектроскопии (спектрофотометрия в ближней ИК области), ближнепольной сканирующей оптической микроскопии, эллипсометрии и лежащей капли. Предложен вариант неразрушающего контроля качества фиксации геля к поверхности методом оптической спектроскопии в видимой области спектра.

Литература

1. Kaltenboeck B., Wang C. Advances in Real-Time PCR: Application to Clinical Laboratory diagnostics // Advances in Clinical Chemistry. – 2005. – V. 40. – P. 220–259.
2. Антонова О.С., Рудницкая Г.Е., Буляница А.Л. и др. Полимеразная цепная реакция: приборная и методическая реализация. Обзор аналитических характеристик // Научное приборостроение. – 2011. – Т. 21. – № 4. – С. 5–21.
3. Groning P., Collaud M., Dietler G. Plasma modification of polymethylmethacrylate and polyethyleneterephthalate surfaces // J. Appl. Phys. – 1994. – V. 76. – № 2. – P. 887–892.
4. Brown L., Koerner T., Horton J.H. Fabrication and characterization of poly(methylmethacrylate) microfluidic devices bonded using surface modifications and solvents // Lab on Chip. – 2006. – V. 6. – № 1. – P. 66–73.
5. Четверина Е.В., Четверин А.Б. Наноколонии: обнаружение, клонирование и анализ индивидуальных молекул // Успехи биол. Химии. – 2008. – Т. 48. – С. 3–64.

Сергеев Максим Михайлович
Год рождения: 1989
Инженерно-физический факультет, кафедра лазерных технологий и экологического приборостроения, группа № 6248
Направление подготовки: 200500 – Лазерные микро- и нанотехнологии
e-mail: maks-sv-32@yandex.ru

УДК 537.312.52; 544.537; 666.189.242

ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННАЯ ЛОКАЛЬНАЯ МОДИФИКАЦИЯ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ И ПОРИСТЫХ СТЕКОЛ

М.М. Сергеев
Научный руководитель – д.т.н., профессор Е.Б. Яковлев
Научные консультанты: ст. преподаватель Г.К. Костюк; д.т.н., профессор В.П. Вейко

Работа выполнена при финансовой поддержке ГК № 11.519.11.4017 от 21.10.2011, гранта президента РФ НШ-619.2012.2; грантов РФФИ № 12-02-33144 «Неравновесная лазерно-индуцированная локальная модификация стеклокристаллических материалов» и № 13-02-00971 «Формирование плазмонных наноструктур и метаматериалов под действием ультракоротких лазерных импульсов», а также ПФИ Президиума РАН № 24 и ОХНМ-02 РАН.

В работе приводятся результаты исследований, связанных с локальной лазерно-индуцированной модификацией оптических свойств на поверхности и в объеме композиционных стеклообразных материалов на основе пористых силикатных стекол (ПС), а также фоточувствительных стекол (ФС) марки Foturan™. Исследованы процессы формирования модифицированных областей (МО) сферической и протяженной формы в объеме пластин ПС, пропитанных глицерином и его водными растворами, а также импрегнированных солями серебра, так называемых фотохромных пористых стекол (ФХПС). Также в работе исследованы структурно-фазовые переходы в объеме пластин ФС под действием лазерного излучения без стадии отжига ФС в печи. Основной задачей всей работы стало создание новых и усовершенствование уже существующих методов формирования МО на поверхности и в объеме оптических материалов с применением лазерных технологий.

Новые методы обработки оптически прозрачных материалов, появившиеся в последнее время, основаны на уменьшении мощности лазерного излучения, увеличении длительности импульса до 10^{-6}–10^{-9} с, или даже непрерывного излучения. Традиционно интересными для формирования МО на основе методов лазерной обработки остаются ПС – продукты сквозного химического травления одной из фаз (менее стойкой), щелочноборосиликатных стекол [1, 2]. Применение пластин ПС в качестве матриц для формирования на поверхности и по всему объему МО различного размера и формы с измененными оптическими характеристиками представляется перспективным [3–7]. В этом случае для формирования МО требовалась уменьшенная на несколько порядков мощность лазерного излучения, чем при использовании лазеров с фемтосекундной длительностью импульса.

Создание локально модифицированных областей в объеме и на поверхности, свойства которых отличаются от свойств пластины оптически прозрачного материала, находит широкое применение. Технологии по созданию микрооптических элементов

(МОЭ), лабораторий на чипах, микрохимических реакторов, фоточувствительных оптических элементов, различных микроэлементов оптоэлектронных приборов и сенсоров, всевозможных МОЭ для волоконной оптики, фотоники и оптоинформатики [8]. Технологии создания всех вышеперечисленных микроэлементов широко развиваются в настоящее время и внедряются при создании передовых информационных, оптоэлектронных и оптических устройств. В связи с этим, перспективным направлением является исследование процессов локальной лазерно-индуцированной модификации в объеме и на поверхности стеклообразных материалов, а также разработка новых методов формирования МОЭ, основанных на полученных результатах.

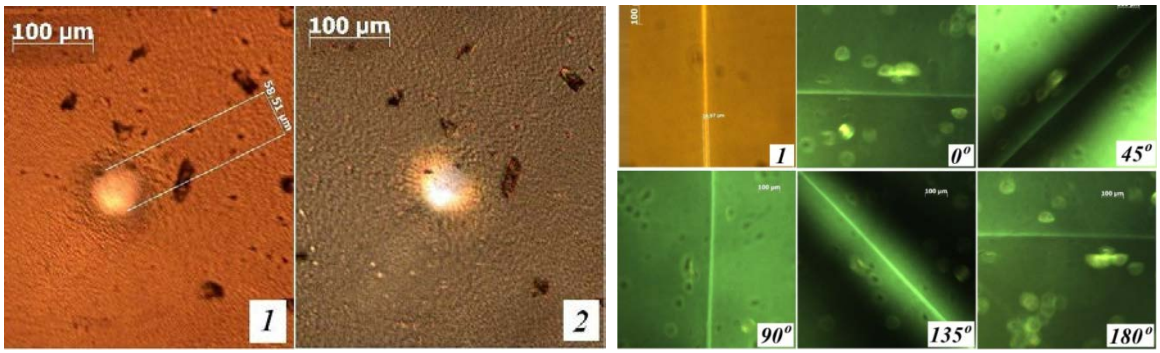
Для создания в объеме стекла и стеклокерамического материала сложных трехмерных структур необходимо обеспечить проникновение лазерного излучения на заданную глубину. Для создания трехмерных структур в стекле и стеклокерамических материалах в настоящее время в основном используют источники мощного лазерного излучения с ультракороткой длительностью импульса (10^{-9}–10^{-15}с), с высокой частотой их следования (10–100 МГц), с длиной волны излучения порядка 800 нм, для которой стекло оптически прозрачно [8].

Пропитка пластин ПС веществом с высокой степенью поляризации, предшествующая локальной лазерно-индуцированной модификации в объеме, использовалась для подтверждения предположения, приведенного в [4–6], о массопереносе вещества, частично заполняющего каналы ПС под действием лазерного излучения, сфокусированного в объем пластины [7]. В качестве такого вещества был выбран широкодоступный глицерин, физико-химические и оптические характеристики которого детально изучены.

После пропитки пластины ПС подвергались воздействию лазерным излучением, сфокусированным в объем пропитанного ПС. Мощность лазерного излучения, падающего ($P_{об}$) на пластину ПС, пропитанную глицерином, и прошедшего через нее ($P_{пр}$), фиксировались с помощью измерителя оптической мощности Gentec Solo PE-2M. Измерения $P_{об}$ и $P_{пр}$ позволили оценить поглощательную способность ПС в процессе формирования МО. Температура в зоне облучения регистрировалась с помощью ИК камеры «Flip Titanium» 520 M. После лазерного облучения пластины ПС с МО исследовались с помощью оптического микроскопа Axio Imager Carl Zeiss.

На заключительном этапе обработки пластины ПС вместе с МО спекались в печи до уплотнения кремнеземного каркаса и формирования кварцоидного стекла. В качестве источника излучения использовался иттербиевый волоконный лазер с длиной волны (λ=1,06 мкм), слабо поглощаемой материалом образца (A~0,11). С помощью такого излучения стало возможным осуществление формирования МО в объеме ПС – в области расположения перетяжки лазерного пучка с максимальным значением плотности мощности излучения.

Результатом лазерного облучения пластин пропитанного ПС стало формирование МО сферической формы с размером 50–250 мкм, а также МО с протяженной формы с размером поперечного сечения 5–15 мкм (рис. 1). Формирование МО в объеме пластин ПС, пропитанных глицерином, при температуре в области облучения, не превышающей 100–150ºС, косвенно указывало на нетермический характер процесса формирования.



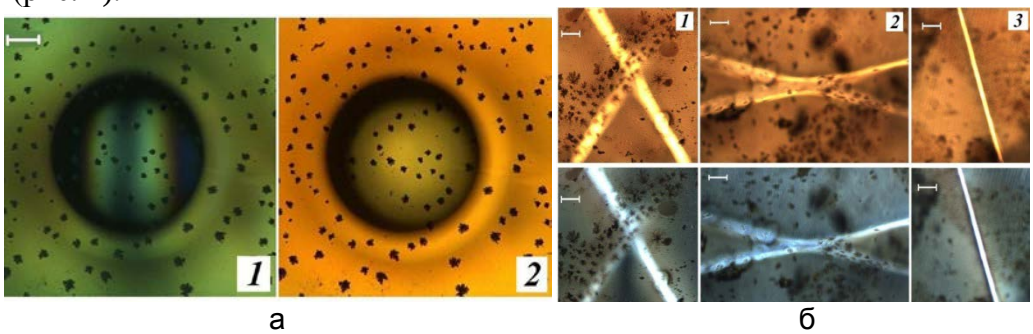
а б

Рис. 1. Вид МО сферической формы в проходящем (1) и поляризованном (2) свете с размером 60 мкм, сформированной в объеме ПС (а); вид МО протяженной формы в проходящем свете (1), а также в поляризованном – при вращении пластины ПС (0°–180°) (б)

Импрегнирование пластин ПС солями серебра лежит в основе создания ФХПС-композиционного материала, обладающего уникальными свойствами, в том числе и фотохромизмом [9, 10]. Частицы коллоидного серебра, размер которых достигает 60 нм, представляют собой центры окраски в ПС, способные интенсивно поглощать излучение волоконного лазера. Эксперименты по формированию МО в объеме пластин ФХПС осуществлялись таким же способом, описанном ранее при формировании МО в объеме пластин пропитанного ПС.

Воздействие лазерного излучения, сфокусированного в объем пластины ФХПС, приводило к формированию МО сферической формы. Для формирования МО протяженной формы осуществлялось перемещение пластины ФХПС перпендикулярно оптической оси лазерного пучка со скоростью 18 мкм/с. При формировании МО протяженной формы температура в центре зоны облучения на поверхности пластины достигала значений около 750–850°С. В области перетяжки лазерного пучка, расположенной в объеме ФХПС, температура могла достигать порядка 850–1000°С. Такая высокая температура обеспечивалась малой скоростью перемещения лазерного пучка при сканировании, а также относительно высоким значением поглощательной способности пластины ФХПС, которая была оценена экспериментально и оказалась равной A~0–22.

В экспериментах получены МО сложного строения в объеме пластин ФХПС, которые сохранялись после спекания пластин с МО в печи. Размер МО варьировался в диапазоне 45–310 мкм для МО сферической формы и 8–70 мкм для МО протяженной формы (рис. 2).



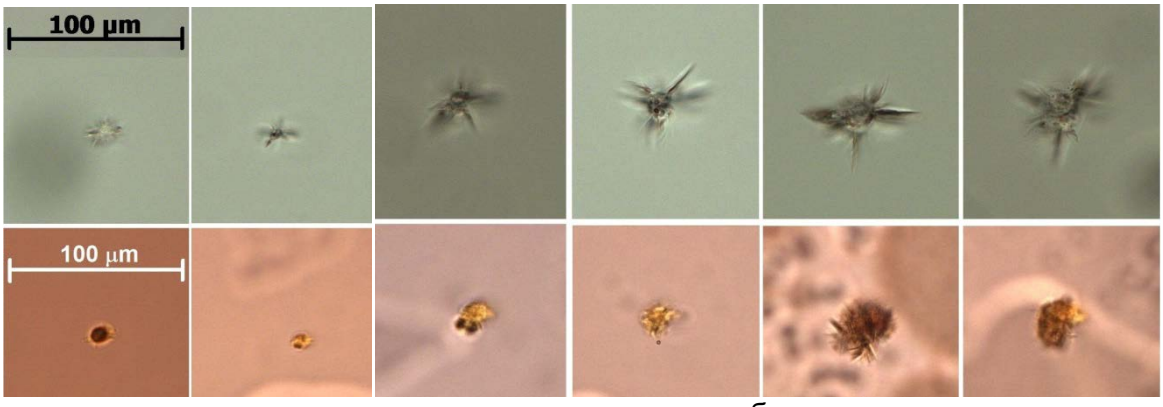
а б

Рис. 2. Вид МО сферической формы в поляризованном (1) и проходящем (2) свете, сформированной в объеме ФХПС (размер центральной части МО 80 мкм) (а); различное исполнение МО протяженной формы, записанных поперечным перемещением источника: *«Y»* (1) и *«X»* (2) формы, прямые с диаметром 25 мкм (3) (сверху приведены фотографии в проходящем свете, снизу – в поляризованном) (б)

Третья часть работы посвящена изучению процессов структурно-фазовых переходов в объеме пластин ФС марки Foturan™, представляющий собой литий-алюмосиликатное стекло, в составе которого роль светочувствительной компоненты исполняет церий в виде Ce_2O_3 (0,01–0,04 вес.%), а центрами нуклеации является серебро – Ag_2O (0,05–0,15 вес.%).

Процесс локальной структурно-фазовой модификации, заключающейся в зарождении и развитии кристаллической фазы преимущественно метасиликата лития Li_2SiO_3, лежит в основе технологий с применением подобных стекол и осуществляется в несколько этапов [11, 12]. На первом этапе происходит запись «скрытого» изображения в стекле с помощью воздействия УФ излучения (λ~320 нм), либо под действием мощного лазерного излучения с фемтосекундной длительностью импульса, основанная на нелинейном поглощении излучения в области перетяжки лазерного пучка. Проявление и закрепление «скрытого» изображения осуществляется в процессе отжига облученного стекла в печи. Стадия термообработки (ТО) ФС после облучения является необходимым условием формирования кристаллизации и, как следствие, проявления «скрытого» изображения. При этом стадия ТО до сих пор не имеет альтернатив и представляет собой достаточно длительный этап обработки (в среднем 4–9 ч).

В экспериментах с использованием ФС изучены процессы поверхностной и объемной кристаллизации под действием лазерного излучения без отжига в печи. Процесс локальной кристаллизации на дефектах в объеме пластин ФС осуществлялся в процессе лазерного отжига излучением CO_2-лазера. Дефекты в объеме ФС создавались мощным лазерным излучением (рис. 3).



а б

Рис. 3. Фотографии МО, сформированных в объеме пластины ФС, в проходящем свете: вид дефекта на первом этапе облучения (а); вид МО в области дефектов после отжига ФС на втором этапе облучения (б)

При этом длительность первой стадии обработки, заключающейся в формировании дефектов, составляла 10–17 мин, а второй, представляющей собой лазерный отжиг, – 10–15 мин. Предложена физическая модель объемного поглощения и, как следствие, объемного нагревания стеклообразных материалов под действием лазерного излучения.

Также рассмотрены методы локальной кристаллизации в объеме ФС при воздействии излучения пикосекундного лазера и последующей ТО в печи, а также поверхностной кристаллизации при двулучевом воздействии, когда пластину ФС одновременно облучали излучением волоконного и CO_2-лазеров.

В результате проведенных исследований предложены альтернативные методы лазерно-индуцированной локальной модификации оптических свойств на поверхности и в объеме пластин ПС, ФХПС, а также ФС марки Foturan™, а также изучены

механизмы формирования МО. Материалы работы относятся к области фундаментальных исследований и могут быть полезны для развития лазерных технологий локальной модификации оптически прозрачных стеклообразных материалов, а также записи трехмерных микроструктур с измененными оптическими свойствами, которые могут стать основой для создания микроустройств интегральной и волоконной оптики различного назначения.

Литература

1. Яковлев Е.Б. Особенности поведения стекол и стеклообразных материалов при быстром нагревании. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2004. – 88 с.
2. Молчанова О.С. Натриевоборосиликатные и пористые стекла. – Л.: Оборонгиз, 1961. – 162 с.
3. Мешковский И.К. Композиционные оптические материалы на основе пористых матриц. – СПб: СПбГИТМО (ТУ), 1998. – 332 с.
4. Костюк Г.К., Сергеев М.М., Антропова Т.В., Яковлев Е.Б., Анфимова И.Н. Лазерно-индуцированное локальное изменение оптических свойств боросиликатных стекол // Физика и химия стекла. – 2013. – Т. 39. – № 3. – С. 395–407.
5. Костюк Г.К., Сергеев М.М., Антропова Т.В., Яковлев Е.Б., Анфимова И.Н. Структурные изменения в пористом стекле под действием лазерного излучения при «холодном» и термическом уплотнении // Стекло и керамика. – 2012. – № 12. – С. 1–5.
6. Костюк Г.К., Сергеев М.М., Яковлев Е.Б. Формирование модифицированных областей в объеме пропитанных глицерином пластин силикатного пористого стекла под действием лазерного излучения // Физика и химия стекла. – 2013. – Т. 39. – № 5 (принято к печати).
7. Костюк Г.К., Сергеев М.М., Яковлев Е.Б. Природа модифицированных областей в объеме стекла, индуцированных лазерным излучением с длиной волны, слабо поглощаемой стеклом // Перспективные материалы. – 2013. – № 9–10 (принято к печати).
8. Hanada Y., Sugioka K. and Midorikawa K. Highly sensitive optofluidic chips for biochemical liquid assay fabricated by 3D femtosecond laser micromachining followed by polymer coating // J. Lab Chip. – 2012. – V. 12. – P. 3688–3693.
9. Цехомская Т.С., Роскова Г.П., Вильцен Е.Г., Анфимова И.Н. Фотохромные кварцоидные стекла, активированные хлоридом серебра // Физика и химия стекла. – 1992. – Т. 18. – № 1. – С. 130–138.
10. Андреева О.В., Сидоров А.И., Стаселько Д.И., Хрущева Т.А.. Синтез и оптические свойства гибридных «плазмон-экситонных» наноструктур на основе Ag-AgI в нанопористом силикатном стекле // ФТТ. – 2012. – Т. 54. – № 6. – С. 1212–1219.
11. Бережной А.И. Ситаллы и фотоситаллы. – М.: Машиностроение, 1966. – 464 с.
12. Fernandez-Pradas J.M., Serrano D., Morenza J.L. and Serra P. Microchannel formation through Foturan® with infrared femtosecond and ultraviolet nanosecond lasers // J. of Micromechanics and Microengineering. – 2011. – V. 21. – № 025005. – P. 1–8.

Сергушичев Алексей Александрович
Год рождения: 1991
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра компьютерных технологий, группа № 6539
Направление подготовки: 010400 – Технологии проектирования и разработки программного обеспечения
e-mail: alsergbox@gmail.com

УДК 004.021

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФРАГМЕНТОВ ГЕНОМА ПО ПАРНЫМ ЧТЕНИЯМ С ОШИБКАМИ ВСТАВКИ И УДАЛЕНИЯ

А.А. Сергушичев
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.А. Шалыто

Наследственная генетическая информация живых организмов (геном) закодирована в молекулах дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Эта информация описывает существенную часть того, как организм будет развиваться, и какими свойствами будет обладать. В связи с этим в разных областях человеческой деятельности – от медицины до энергетики – знание последовательности ДНК организмов оказывается полезным.

Современный подход к определению последовательности ДНК состоит в разбиении длинной молекулы ДНК на небольшие перекрывающиеся фрагменты, последовательности нуклеотидов в которых прочитываются с помощью специальных машин – секвенаторов [1]. Разновидностью этого подхода является прочтение не всей последовательности фрагмента, а только его концов. В этом случае получаются так называемые парные чтения, для которых известно примерное расстояние между ними в геноме. При прочтении фрагментов ДНК секвенаторы могут допускать ошибки, делящиеся на два типа: ошибки замены, в которых вместо одного нуклеотида прочитываются другой, и вставки и удаления, в которых в некоторых местах вставляются или удаляются нуклеотиды. Ошибки вставки и удаления существенно усложняют процесс сборки генома.

В настоящей работе предлагается метод заполнения промежутков в парных чтениях генома для получения непрерывных последовательностей с учетом наличия ошибок вставки и удаления. Полученные последовательности (квазиконтиги) затем могут использоваться на следующих этапах сборки генома.

Предлагаемый метод сборка квазиконтигов использует взвешенный граф де Брёйна построенный на чтениях [2]. Вершинами этого графа являются k-меры (строки нуклеотидов длины k), ребрами – (k+1)-меры. Ребро направлено от вершины, соответствующей префиксу ребра, к вершине, соответствующей суффиксу. Весом ребра является то, сколько раз он встречается в чтениях. Ребра с весом, меньшим заданного порогового значения, не рассматриваются. Для представления графа де Брёйна в памяти в работе предлагается использовать хеш-таблицу, в которой для каждого ребра хранится отображение из значения специальной 64-битной полиномиальной хеш-функции в вес этого ребра. Такой подход позволяет использовать практически любые значения k, при небольшом использовании памяти.

Предлагаемый метод состоит в том, чтобы для каждой пары чтений сначала найти в графе де Брёйна множество вершин и ребер, через которые проходит хотя бы один

путь, соединяющий эти два чтения (*k*-меры этих чтений), подходящий по длине под априорные границы на расстояние между чтениями. Этот граф строится методом двунаправленного поиска [3] с помощью двух одновременных обходов в ширину. Из-за наличия ошибок получающийся граф имеет достаточно сложную структуру даже в случае, когда правильных путей среди них один или несколько. Возникает задача упрощения этого графа, а именно, необходимо выделить подграф этого графа так, чтобы любой путь в исходном графе, соединяющий чтения, являлся «похожим» на хотя бы один путь в упрощенном графе. «Похожесть» путей определяется через близость последовательностей нуклеотидов на этих путях: если из одной последовательности можно получить другую с помощью операций замены, вставки или удаления так, чтобы на любой *k*-мер этих последовательностей приходилось число изменений не больше заданного порога, то эти последовательности называются «похожими». Если в упрощенном графе остался только один путь, то его можно вывести как квазиконтиг.

Алгоритм упрощения графа выполняется в несколько итераций, при этом увеличивается число помеченных ребер – ребер, присутствующих в упрощенном графе. На каждой итерации сначала выделяется путь, содержащий непомеченные ребра максимального веса. Ребра на этом пути помечаются. Затем удаляются ребра, через которые не проходит ни одного пути, не похожего на какой-нибудь путь по помеченным ребрам. На рисунке приведен пример работы алгоритма.

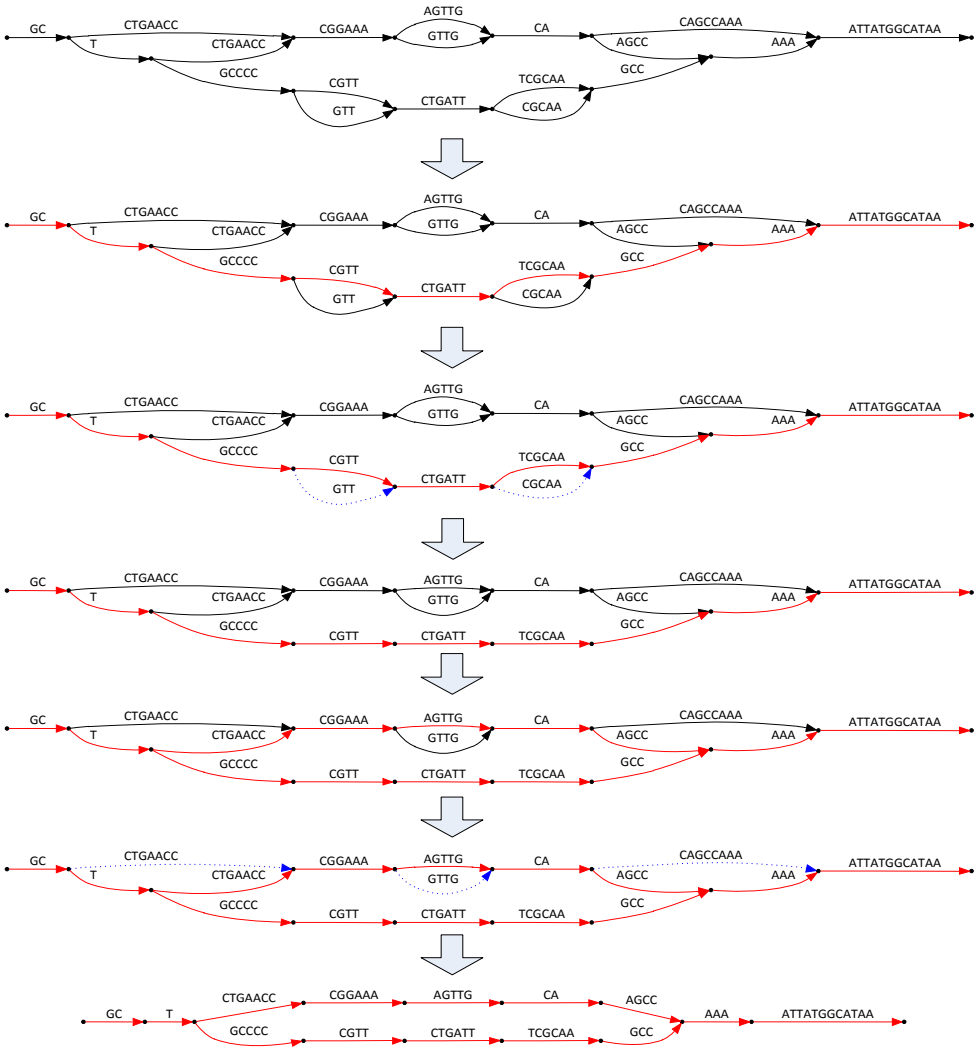


Рисунок. Пример двух итераций работы алгоритма упрощения графа (красным помечены ребра, остающиеся в упрощенном графе, синим – ребра, которые можно удалить)

Для того чтобы понять, какие ребра можно удалить, вводится булева функция *f*(*x, y, errors*), которая принимает на вход вершину или ребро *x*, вершину или ребро *y*, набор позиций ошибок errors и возвращает *true*, если любой путь, начинающийся *x*, «похож» на хотя бы один путь, начинающийся с *y*, при условии, что уже сделаны ошибки в позициях errors. Эта функция вызывается рекурсивно с рассмотрением нескольких случаев до тех пор, пока либо в *errors* не окажется слишком много ошибок (возвращается *false*), либо *x* и *y* не совпадут (возвращается *true*). Для того чтобы не проводить одни и те же вычисления два раза, результаты вызова функции запоминаются в хеш-таблице. После того, как очередной набор ребер был помечен, для каждой вершины *v*, в которой есть как помеченные, так и непомеченные исходящие ребра, выбирается помеченное исходящее ребро *e* и проверяется, что вызов функции *f*(*e, v, noErrors*), возвращает *true*, в этом случае ребро e можно удалить.

Небольшая модификация алгоритма упрощения позволяет применить его не только к подграфу путей между двумя чтениями, но и ко всему графу. Это позволяет ускорить этап сборки квазиконтигов.

В работе приводится доказательство того, что при выполнении некоторых условий на качество входных данных, большая часть получающихся квазиконтигов будет мало отличаться от правильных последовательностей. Возможность доказательства качества результатов является важной особенностью предлагаемого метода.

Предложенный метод был реализован на языке программирования Java и экспериментально протестирован на двух наборах данных бактериальных геномов E. Coli и P. Stutzeri. Чтения генома E. Coli были получены с помощью секвенатора Illumina GAIIx, эти чтения практически не содержат ошибок вставки и удаления. Наличие референсного генома E. Coli позволило проверить качество получаемых квазиконтигов. Чтения генома P. Stutzeri были получены с помощью секвенатора IonTorrent PGM, эти чтения содержат около 1% ошибок вставки и удаления. На этих данных было проведено сравнение с коммерческим сборщиком CLC Genomics Workbench. Эксперименты показали превосходство предлагаемого метода по некоторым параметрам, таким как N50 и число контигов, по другим параметрам результаты были примерно одинаковыми.

Таким образом, в работе был предложен метод учета парной информации для сборки геномов из чтений с ошибками вставки и удаления. Особенностями предложенного метода являются наличие оценки на качество получаемых результатов, достаточно небольшое требование к оперативной памяти, поддержка почти неограниченного размера *k*-мера и автоматического определения парных библиотек. Предложенный метод был реализован на языке программирования Java и экспериментально протестирован. Полученные результаты по некоторым параметрам превосходят результаты других сборщиков генома.

Литература

1. Staden R. A strategy of dna sequencing employing computer programs // Nucleic Acids Res. Jun. – 1979. – V. 6. – № 7. – P. 2601–2610.
2. Pevzner P., Tang H., and Waterman M. An Eulerian path approach to DNA fragment assembly // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2001. – V. 98. – P. 9748–9753.
3. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: пер. с англ. – М.: Вильямс, 2006. – 1408 с.

Симон Ирина Александровна
Год рождения: 1985
Институт международного бизнеса и права,
кафедра мировой экономики и международных отношений,
группа № 6453
Направление подготовки: 080100 – Внешнеэкономическая деятельность
e-mail: i.petrova85@yandex.ru

УДК 339.56.055

НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ КУРСОВЫХ РАЗНИЦ ДЛЯ ВНЕШНЕТОРГОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ (НА ПРИМЕРЕ ООО «СТРОЙКОМ»)

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

Экономика нашей страны функционирует исключительно по законам международного рынка. А в международной рыночной экономике выживает тот, кто тщательнейшим образом подходит к оптимизации расходов на совершение внешнеторговых операций, тем самым достигает получения максимального количества прибыли, решая основные проблемы экономической деятельности.

В связи с нестабильностью курса валют разных стран у предприятий могут возникать непредвиденные расходы, которые приводят к снижению или, что еще хуже, неполучению запланированной прибыли. Тем самым конкурентоспособность предприятия, понесшего убытки, снижается.

Цель работы была направлена на изучение проблемы возникновения при проведении внешнеторговых сделок такого явления, как курсовые разницы, анализ их влияния на конкретном примере и разработка способов нейтрализации их отрицательного влияния на результат деятельности предприятия.

Во время проведения работы были решены следующие задачи:

- изучение понятия «курсовые разницы» и порядка их учета и отражения в бухгалтерском и налоговом учете;
- исследование валютных рисков, возникающих при проведении внешнеторговых операций, способов прогнозирования валютного курса и методов управления валютными рисками;
- проведение анализа внешнеторговой деятельности ООО «Стройком», анализа влияния курсовых разниц как на отдельные операции, так и на деятельность Общества в целом и поиск способов нейтрализации их отрицательного влияния.

Предметом изучения являются курсовые разницы, возникающие вследствие колебания курса валют и валютные риски, способствующие их появлению, а относительно исследуемого предприятия – курсовые разницы, возникающие вследствие проведения импортных операций.

Объектом исследования было взято ООО «Стройком», которое входит в Группу компаний ЭЛИТА. Основным видом деятельности Общества является оптовая торговля оборудованием и материалами для инженерных систем.

В исследовательской части работы при изучении понятий «курсовые разницы» и «валютные риски» использовался теоретический метод исследования. Была изучена имеющаяся литература по данным темам и проведен теоретический анализ, на основе полученных из литературных источников сведений. В том числе, используя в

исследовании План бухгалтерского учета и Налоговый кодекс Российской Федерации и применив метод цитирования, подробно расписан алгоритм учета и отражения в бухгалтерском и налоговом учете курсовых разниц.

Так как курсовые разницы напрямую связаны с валютными рисками, которые несет предприятие при ведении внешнеэкономической деятельности, в работе приведено подробное их описание, рассмотрены все виды валютных рисков и причины их возникновения. Проведен анализ способов прогнозирования валютного курса и приведены уже существующие методы управления валютными рисками.

В ходе данного исследования установлено, что все методы управления валютными рисками делятся на два вида:

1. внутренние методы управления валютными рисками: защитные оговорки, резервирование, лимитирование, распределение, диверсификация, управление сроками платежей и поступлений и другие;
2. управление с помощью инструментов срочного валютного рынка: хеджирование (наиболее эффективный и часто используемый).

Полученные теоретические данные в дальнейшем используются в работе для проведения анализа и получения результатов.

Для проведения экономического анализа работы были применены методы наблюдения и сбора фактических данных, для этого использовались бухгалтерская отчетность предприятия и его экономические показатели. На основе собранной информации проведен расчет и экономический анализ полученных результатов, а также синтез полученных результатов расчетов. По методу индукции сделаны выводы о влиянии курсовых разниц и валютных рисков, которые несет предприятие, выдвинуты предложения по разработке действий и принятия решений по применению мер по снижению отрицательного влияния курсовых разниц и валютных рисков.

В ходе исследования было установлено, что на эффективность, как отдельных внешнеторговых операций, так и на деятельность компании в целом, существенным образом влияют возникающие курсовые разницы вследствие колебания курса валют. В частности, сильное снижение курса рубля к иностранной валюте приводит к снижению прибыли по отдельной сделке и увеличению по ней таможенных пошлин и НДС. Появление возможных валютных рисков также приводит компанию к повышению наценки на товар и снижению оборота, вследствие ухудшения конкурентоспособности.

В завершении работы предложены способы нейтрализации отрицательного влияния курсовых разниц на деятельность Общества.

Во-первых, предложен самый кардинальный способ – уклонение от риска, т.е. полный отказ от сделок с высокой степенью риска и, как вариант, поиск менее рисковых сделок (менее подверженных колебанию курса валют).

Во-вторых, рассмотрена возможность применения внутренних методов управления рисками, такие как валютные оговорки и управление сроками поставок и платежей.

В-третьих, предложено воспользоваться услугами финансовых институтов и заключить договор на передачу управления рисками, т.е. хеджирование. Но в связи с трудоемкостью подготовки и заключения договора и необходимостью отслеживания и контролирования процесса, предложено выделить в штате отдельную позицию «финансового менеджера».

Как один из вариантов работы с поставщиками, предложено использовать аккредитивную форму расчетов, что предоставит компании право выбора условий работы с банком, условий расчетов с поставщиками и, при отслеживании колебаний курса валют, контролировать и управлять задолженностью предприятия.

Разработанная методика действий внешнеторговых предприятий при возникновении валютных рисков, позволит предприятиям оперативно принимать решения по внедрению тех или иных способов и более эффективно управлять ожидаемой прибылью, как отдельной сделки, так и предприятия в целом.

Теоретические и практические результаты работы могут быть применены в деятельности внешнеторговых предприятий для регулирования влияния валютных рисков на деятельность предприятия.

На примере ООО «Стройком» было внедрена аккредитивная форма расчетов с некоторыми поставщиками, что привело к увеличению затрат на организацию деятельности компании в части услуг банка, но в то же время сократила риски по получению отрицательных курсовых разниц при расчетах с поставщиками.

По данной теме в «Журнале правовых и экономических исследований» № 3 за 2013 год принята к публикации статья «Курсовые разницы и их влияние на деятельность организаций».

Литература

1. Друцкая М.В. Бухгалтерский учет, анализ и аудит внешнеэкономической деятельности: учебник. – Вузовский учебник, 2010. – 395 с.
2. Касьянова Г.Ю. Курсовые и суммовые разницы в бухгалтерском и налоговом учете. – 2 изд., перераб. и доп.) / Под ред. Касьяновой Г.Ю. – М.: АБАК, 2011. – 64 с.
3. Касьянова Г.Ю. Экспорт и импорт. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: АБАК, 2013. – 480 с.
4. Романов Б.А. Что такое курсовые и суммовые разницы. – М.: Финансы и статистика, 2008. – 112 с.
5. Струченкова Т.В. Валютные риски: анализ и управление: учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2010. – 216 с.

Смирнов Николай Викторович
Год рождения: 1990
Факультет оптико-информационных систем и технологий, кафедра компьютеризации и проектирования оптических приборов, группа № 6321
Направление подготовки: 200400 – Проектирование и метрология оптико-электронных приборов специального назначения
e-mail: pirate_korsar@mail.ru

УДК 681.78

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ СУБМИКРОННОЙ ТОЧНОСТИ ДЛЯ КОМПЛЕКТАЦИИ МЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Н.В. Смирнов
Научный руководитель – к.т.н., доцент С.С. Митрофанов

Ускорение темпа развития технологий машиностроения определяет постоянное увеличение сложности и точности выполнения операций механической обработки деталей на промышленном оборудовании. При этом точность обработки ограничена, главным образом, точностью позиционирования исполнительного органа обрабатывающего комплекса относительно обрабатываемого узла. В свою очередь,

задача повышения точности позиционирования рабочего органа и детали неразрывно связана с задачей контроля их взаимного положения, которая решается при помощи различного рода преобразователей перемещений, в том числе и оптико-электронных. Обеспечение высокой точности оптико-электронных преобразователей линейных перемещений (ОЭПЛП) при сохранении уровня надежности систем, их работоспособности при высоких скоростях движения идентифицируемых объектов позволяет увеличить экономическую эффективность производства. Таким образом, разработка ОЭПЛП исполнительных механизмов промышленных станков является крайне важной задачей.

Работа выполнялась на предприятии ОАО «СКБ ИС» в рамках НИОКР по теме: «Создание гаммы угловых и линейных преобразователей субмикронной точности для комплектации прецизионного многокоординатного механообрабатывающего оборудования».

Для создания ОЭПЛП требуемой точности необходимо провести анализ обобщенной структуры и особенности построения современных ОЭПЛП, разработать детальную структуру и математическую модель будущего прибора, а также осуществить подбор комплектующих элементов с расчетными параметрами.

В рамках поставленной задачи были разработаны модели ОЭПЛП субмикронной точности, с диапазонами перемещений 200 мм («Л-200») и 2040 мм («Л-2040»).

На рис. 1 представлена упрощенная схема ОЭПЛП модели «Л-200». Оригинальность представленной конструкции заключается в удвоении периода выходных сигналов за счет совмещения двух дифракционных голографических решеток с разным разрешением и специального фотоприемного модуля, способного обеспечить необходимый уровень выходного сигнала.

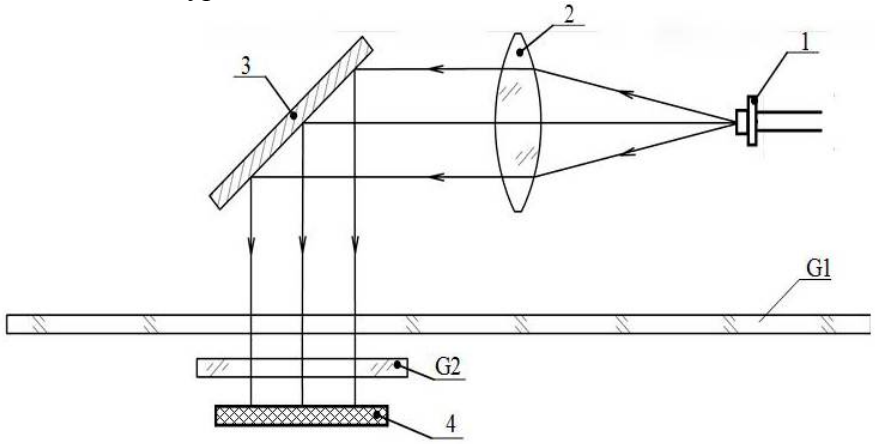


Рис. 1. Функциональная схема ОЭПЛП модели «Л-200»: 1 – лазерный диод; 2 – объектив; 3 – зеркало; G1 и G2 – фазовые дифракционные решетки; 4 – матричный фотоприемник

В основу работы преобразователя «Л-200» положен эффект модуляции по интенсивности светового потока двумя голографическими дифракционными решетками, одна из которых перемещается относительно другой. Принцип работы построен на явлениях интерференции и дифракции.

В данном случае решетки выбраны фазовыми пропускающего типа и способны концентрировать до 80% излучения в нулевой и первый порядки. Штрихи решетки представляют собой слой высокоразрешающей фотографической эмульсии.

Основные особенности ОЭПЛП модели «Л-2040» заключаются в использовании оригинальной концепции построения канала точного отсчета (рис. 2) в составе считывающей системы и алгоритма последующей обработки информации.

Требуемой субмикронной точности при высоких скоростях перемещения (до 30 м/мин) позволяет достичь использование в точном канале измерений камеры, содержащей оптическую систему и матричный фотоприемник (МФП), в поле зрения которой находится небольшой участок штриховой меры, порядка 3 мм (три штриха рабочей шкалы).

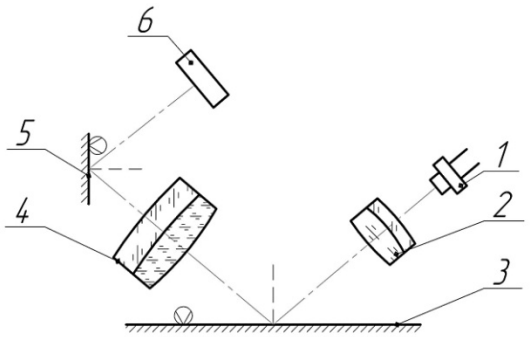


Рис. 2. Упрощенная функциональная схема точного канала измерений:
1 – ЛИД; 2 – коллиматор осветителя; 3 – отражающая поверхность штриховой меры;
4 – объектив видеокамеры; 5 – зеркало; 6 – МФП

При требуемой скорости перемещения шкалы постоянная подсветка неизбежно вызовет эффект размытия изображения, что пагубно скажется на точностных характеристиках системы в целом. Для борьбы с этим явлением используется осветитель на основе лазерного импульсного диода (ЛИД). Полученное изображение подвергается обработке в вычислительном устройстве, данные с выхода которого поступают на устройство сопряжения каналов.

Измерение положения штрихов прецизионной меры с субмикронной точностью при достаточно высокой скорости перемещения в совокупности с высокой частотой опроса ОЭПЛП приводит к увеличению количества обрабатываемых данных. Это обуславливает жесткие требования к алгоритму обработки, который реализуется в электронном блоке ОЭПЛП, как по точности получаемой информации, так и по времени исполнения алгоритма. Для решения данной проблемы был создан метод нахождения координат центра штрихов на основе вычисления их энергетических центров.

Алгоритм предназначен для нахождения в кадре изображений штрихов и нахождения их точных координат и включает в себя четыре основные процедуры:

1. регистрация изображения;
2. предварительная обработка (полное или частичное уменьшение зашумленности изображения);
3. морфологическая обработка (выделение и обнаружение объекта заданной формы);
4. определение координат.

Данный способ позволяет измерять координаты центра изображения штриха с погрешностью, не превышающей десятых или сотых долей размера пикселя [1]. При этом неоспоримым преимуществом является то, что реализация требует выполнения небольшого количества операций за отведенное на измерение время и позволяет распознать штрихи с высоким процентом вероятности.

Последующие экспериментальные исследования показали:

- предельное значение погрешности контролируемого ОЭПЛП модели «Л-200» составляет для прямого и обратного хода ±0,22 мкм; а для модели «Л-2040» – ±0,45 мкм;
- случайная составляющая погрешности измерений положения штрихов для разных участков штриховой меры в статике составляет 0,02 пикселей, что обеспечивает дискретность показаний 0,05 мкм;

– оценка систематической составляющей погрешности ОЭПЛП модели «Л-2040» не превышает значения ±0,45 пикселя (данная величина может быть уменьшена на последующем этапе калибровки);
– ОЭПЛП удовлетворяют требованиям к работоспособности при внешних воздействующих факторах.

Проведенные исследования доказывают правильность выбора принципа функционирования разработанных ОЭПЛП и схемы их построения. Кроме того, полученные значения воспроизводимости точностных характеристик превосходят показатели аналогичных моделей ОЭПЛП – MT 101K (Heidenhain, Германия) и ЛИР ДА-10 (ОАО «СКБ ИС», Россия).

Таким образом, на основании проведенных прикладных исследований доказаны возможность реализации ОЭПЛП субмикронной точности и целесообразность продолжения работ по разработке и оптимизации их конструкции.

Литература

1. Коротаев В.В., Прокофьев А.В, Тимофеев А.Н. Оптико-электронные преобразователи линейных и угловых перемещений. Часть I. Оптико-электронные преобразователи линейных перемещений. Учебное пособие – СПб: НИУ ИТМО – 2012. – 114 с.
2. Туруханo Б.Г., Туруханo Н. Фотоэлектрические преобразователи линейных перемещений на базе голографических решеток // Оптический журнал. – 2002. – № 8. – Т. 69. – С. 69–73.
3. Gordeev S.V., Turukhano B.G. Investigation of the interference field of two spherical waves for holographic recording of precision radial diffraction gratings // Opt. Laser Technol. – 1996. – V. 28. – № 4. – P. 255–261.
4. Туруханo Б.Г., Туруханo Н., Вилков Е.А. Синтез апертуры цифрового поля // Компьютерная оптика. – 2011. – Т. 35. – № 2. – С. 145–150.

Смородинов Денис Сергеевич
Год рождения: 1990
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа № 6301
Направление подготовки: 200400 – Компьютерная оптика
e-mail: smorodinov.denis@gmail.com

УДК 535.417; 778.38

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАВНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ В ИЗОБРАЖЕНИЯХ РАЗНОВЕЛИКИХ ЭЛЕМЕНТОВ БИНАРНЫХ ОБЪЕТОВ, ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ С ПОМОЩЬЮ СИНТЕЗИРОВАННЫХ ГОЛОГРАММ

Д.С. Смородинов
Научный руководитель – д.т.н., профессор С.Н. Корешев

Работа выполнена в рамках создания на кафедре ПиКО НИУ ИТМО программного комплекса синтеза и цифрового восстановления голограмм. Основной **целью работы** было исследование влияния нелинейности синтезированных голограмм-проекторов на зависимость интенсивности восстановленных с их помощью

изображений от размера последних, а также разработка метода, позволяющего избавиться от данной зависимости.

На сегодняшний день одним из наиболее перспективных методов синтеза и цифрового восстановления голограмм-проекторов для высокоразрешающей проекции изображений двумерных объектов, является метод, предусматривающий точное математическое описание процессов, происходящих при физической записи и восстановлении голограммы. При этом объект, как правило, представляется в виде бинарного двумерного дискретного транспаранта, работающего на пропускание. Распределение комплексной амплитуды объектной волны в плоскости синтеза голограммы при этом рассчитывается путем сложения комплексных амплитуд полей, формируемых в каждой точке этой плоскости всеми точками объекта-траспаранта. После этого для каждой точки апертуры голограммы рассчитывается амплитуда голографического поля, равная сумме соответствующих этой точке амплитуд объектной и опорной волн. На следующем этапе синтеза полученное значение возводится в квадрат для получения необходимого значения интенсивности голографического поля в данной точке. Полученная на этом этапе голограмма обычно представляется в виде полутонового транспаранта, имеющего 256 градаций серого цвета в соответствии с 8-битной серой шкалой. Последний этап синтеза представляет собой бинаризацию синтезированной голограммы по верхнему порогу, исходя из выбранного пользователем уровня бинаризации. Это требование связано с тем, что существующие на сегодняшний день генераторы изображений могут обеспечить точную передачу лишь двух градаций коэффициента пропускания синтезируемой голограммы по амплитуде.

Недостатком данного метода можно назвать его относительно большую ресурсоемкость. Существенно сократить ресурсные и временные затраты можно если вместо расчета распределения комплексной амплитуды для каждой точки объекта складывать при синтезе заранее определенные элементарные поля объектных волн, сформированные каждым из типовых элементов структуры объекта – такими элементами могут быть отдельные точки, отрезки, закрашенные области-полигоны и т.д. Распределение амплитуды в таком элементарном поле можно назвать «штампом», а сам метод – штамповкой. Опорная волна при реализации этого метода «накладывается» на финальном этапе синтеза голограммы-проектора после расчета амплитуды объектной волны на всей плоскости голограммы.

Однако метод штамповки, несмотря на все свои преимущества, имеет и собственные недостатки. Основной из них заключается в нарушении линейности записи голограммы. Строго говоря, фазовые бинарные голограммы уже являются нелинейными, но штамповка усугубляет их нелинейность еще больше. В результате этого появляется зависимость интенсивности восстановленного изображения бинарного объекта от его размера, т.е. восстановленные изображения элементов объекта разных размеров характеризуются различной интенсивностью, зависящей в результате от размера исходного объекта.

Итак, рассмотрим два объекта – единичный пиксель и прямоугольник размером $m \times n$ пикселей, поле объектной волны которого складывается из штампов отдельных точек. Интенсивность восстановленного с голограммы изображения будет зависеть от соотношения площадей исходного объекта и участка голограммы, соответствующего ему, а также дифракционной эффективности данного участка голограммы:

$$i_{mn} = \frac{S_{mn}}{S_0}\eta_{mn},$$

где S_{mn} – площадь участка голограммы; S_0 – площадь объекта; η_{mn} – дифракционная эффективность участка. В свою очередь, площади участков определяются размерами

объектов и параметрами записи голограммы, в число которых входят: рабочая длина волны λ, расстояние между плоскостями объекта и голограммы R_h, линейный размер пикселя p. Тогда интенсивности восстановленных изображений точки i_p и прямоугольника i_{mn} будут равны:

$$i_p = \eta_p \frac{4\lambda^2 R_h^2 + 4\lambda p^2 R_h + p^4}{p^4}, \quad (1)$$

$$i_{mn} = \eta_{mn} \frac{4\lambda^2 R_h^2 + 2\lambda p^2 R_h (m^2 + n^2) + p^4 m^2 n^2}{p^4 m^2 n^2}. \quad (2)$$

Исходя из (1) и (2) можно вывести требование к соотношению дифракционной эффективности участков голограммы, соответствующих каждому из объектов, которое должно выполняться, если мы хотим получить при восстановлении одинаковые интенсивности в обоих изображениях:

$$\frac{\eta_{mn}}{\eta_p} = \frac{m^2 n^2 (2\lambda R_h + p^2)^2}{(2\lambda R_h + p^2 mn)^2 + 2\lambda p^2 R_h (m-n)^2}.$$

Возникает следующий вопрос – как обеспечить данное соотношение? Исходя из известной литературы, следует, что дифракционная эффективность отражательной дискретной бинарной фазовой голограммы помимо высоты рельефа и длины волны зависит от ее скважности, причем эта зависимость определяется следующим выражением:

$$\eta = \frac{4}{\pi^2} \sin^2(\pi S) \sin^2\left(\frac{2\pi h}{\lambda}\right), \quad (3)$$

где S – скважность поверхности голограммы; h – высота ее рельефа. Если высоту рельефа принять оптимальной с точки зрения достижения максимальной дифракционной эффективности (т.е. положить $h = \lambda/4$), то (3) приобретает вид:

$$\eta = \frac{4}{\pi^2} \sin^2(\pi S).$$

Таким образом, скважность остается единственным параметром, влияющим на дифракционную эффективность бинарной рельефно-фазовой отражательной голограммы. В свою очередь, скважность определяется выбранным уровнем бинаризации голограммы, что демонстрирует рис. 1.

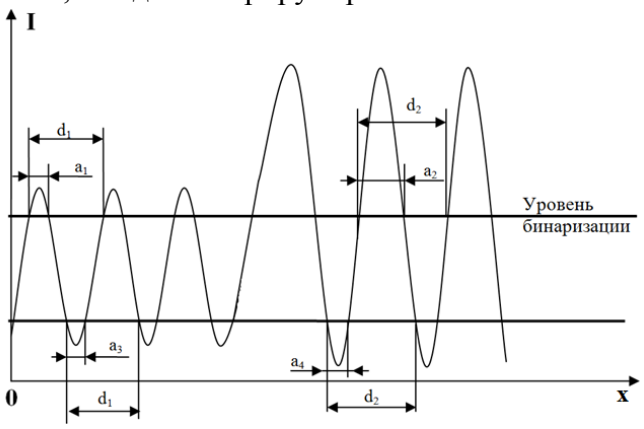


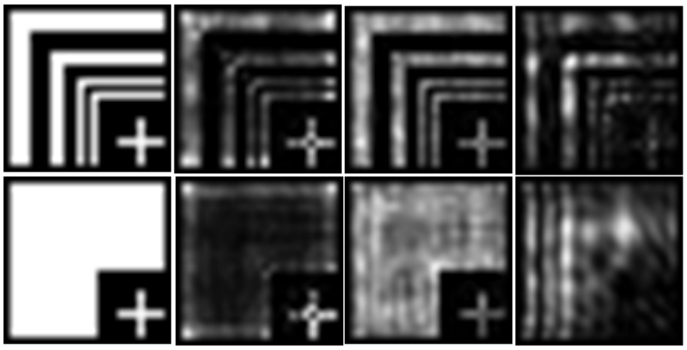
Рис. 1. Распределение интенсивности голографического поля двух разновеликих объектов

Если голограмма будет бинаризирована по уровню, отмеченному верхней чертой, то скважности левого и правого участков апертуры бинаризированной голограммы S_1 и S_2 будут равны соответственно:

$S_1 = a_1/d_1$, $S_2 = a_2/d_2$,

где d_1 и d_2 – локальные пространственные периоды голограммы. Исходя из вышеизложенного, и с учетом слабой, по сравнению с S_1, зависимости скважности S_2 от выбранного уровня бинаризации можно сделать вывод о возможности влияния на относительную интенсивность восстановленных изображений путем изменения уровня бинаризации голограммы. Иначе говоря, чтобы получить изображение, наиболее близкое к исходному объекту, следует подобрать подходящий уровень бинаризации голограммы. Отметим, что, как следует из рис. 1, таких оптимальных уровней в общем случае будет два.

Для демонстрации найденной нами зависимости и метода ее устранения на рис. 2 приведены некоторые из результатов проведенных экспериментов по восстановлению изображений разных объектов с голограмм, бинаризированных при различных уровнях бинаризации. Все эксперименты проводились на специализированном программном комплексе синтеза и цифрового восстановления голограмм-проекторов.



а б в г

Рис. 2. Исходные объекты (а); изображения, полученные с голограмм, бинаризированных при разных уровнях бинаризации (б–г)

Как видим, эксперименты подтверждают идею о том, что путем изменения уровня бинаризации голограммы можно существенно влиять на качество восстанавливаемого с нее изображения. Особый интерес в данной подборке представляют изображения из третьего столбца, полученные с голограмм, бинаризированных при оптимальных уровнях, т.е. уровнях бинаризации, дающих наиболее высокое качество восстановленных изображений ($t_1 = 87$ для верхнего объекта и $t_2 = 81$ для нижнего). После обработки по верхнему порогу данные изображения полностью соответствуют исходному объекту.

Таким образом, в данной работе было исследовано влияние нелинейности синтезированных голограмм-проекторов на зависимость интенсивности восстановленных с них изображений разновеликих объектов от размера последних. Кроме того, была установлена зависимость между интенсивностями изображений и уровнями бинаризации голограммы, которая была продемонстрирована экспериментально. Исходя из результатов, можно сделать вывод о возможности обеспечения равенства интенсивностей изображений различного размера путем подбора оптимального уровня бинаризации.

Литература

1. Корешев С.Н., Смородинов Д.С., Никаноров О.В., Громов А.Д. Обеспечение равной интенсивности элементов изображений бинарных объектов, восстанавливаемых с помощью синтезированных голограмм-проекторов // Оптика и спектроскопия. – 2013. – Т. 114. – № 2. – С. 150–155.
2. Корешев С.Н., Никаноров О.В., Громов А.Д. Метод синтеза голограмм-проекторов, основанный на разбиении структуры объекта на типовые элементы и программный комплекс для его реализации // Оптический журнал. – Т. 79. – № 13. – С. 30–37.
3. Корешев С.Н. Дифракционная эффективность дискретных бинарных фазовых голограмм // Оптика и спектроскопия. – 1978. – Т. 44. – В. 1. – С. 173–177.
4. Корешев С.Н., Никаноров О.В., Козулин И.А. Выбор параметров синтеза голограмм-проекторов для фотолитографии // Оптический журнал. – 2008. – Т. 75. – № 9. – С. 29–34.

Ульянцев Владимир Игоревич
Год рождения: 1990
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра компьютерные технологии, группа № 6538
Направление подготовки: 010400 – Технологии проектирования и разработки программного обеспечения и информатика
e-mail: ulyantsev@rain.ifmo.ru, vl.ulyantsev@gmail.com

УДК 004.4'242

ПОСТРОЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ ПО СЦЕНАРИЯМ РАБОТЫ НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ОГРАНИЧЕНИЙ

В.И. Ульянцев
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.А. Шалыто

Введение. Для решения разнообразных задач все чаще, особенно в последнее время, применяется автоматное программирование [1]. В рамках этого подхода поведение программ описывается с помощью детерминированных конечных автоматов. Важным достоинством автоматных программ является возможность их автоматической верификации [2], что является существенным свойством для систем с повышенными требованиями к надежности.

Для этих систем важную роль играет влияние человеческого фактора на процесс разработки. В связи с этим актуальной задачей является разработка методов автоматизации построения конечных автоматов. Одним из способов автоматизированного построения конечных автоматов является их построение по экспертным данным [3–5], которым искомый автомат должен соответствовать.

В известных работах, в которых предлагаются методы построения автоматов по экспертным данным, к искомой модели предъявляется требование непротиворечивости – не должно быть двух переходов, исходящих из одного состояния управляющего автомата и одновременно выполнимых при некоторой комбинации события и входных переменных. В некоторых системах к автоматам управления предъявляется требование полноты – любой комбинации события и входных

переменных должен соответствовать переход в каждом состоянии. Однако существующие методы построения автоматов не предусматривают возможности построения моделей, удовлетворяющих требованию полноты.

В настоящей работе проводится разработка, реализация и экспериментальное исследование метода построения управляющих автоматов, удовлетворяющих не только требованию непротиворечивости, но и требованию полноты. Метод основан на решении задачи удовлетворения ограничений (constraint satisfaction problem, CSP). Методы решения задачи удовлетворения ограничений в последние годы сильно развились в производительности и удобстве использования, что актуализирует вопрос их использования для решения *NP*-трудных задач.

Формальная постановка задачи. Управляющим конечным автоматом называется детерминированный конечный автомат, каждый переход которого помечен событием, последовательностью выходных воздействий и охранным условием, представляющим собой логическую формулу от входных переменных.

Автомат получает события от так называемых поставщиков событий (в их роли могут выступать внешняя среда, интерфейс пользователя и т.д.) и генерирует выходные воздействия для объекта управления. При поступлении события автомат выполняет тот соответствующий ему переход, для которого охранное условие оказывается истинным. При выполнении перехода генерируются выходные воздействия, которыми он помечен, и автомат переходит в соответствующее состояние. Отметим, что состояния такого автомата не делятся на допускающие и недопускающие. Пример управляющего автомата приведен на рис. 1.

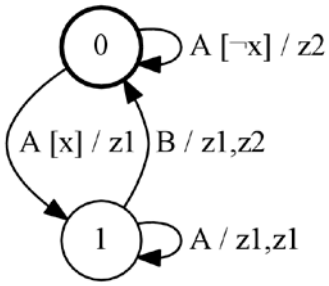


Рис. 1. Пример управляющего конечного автомата

Для данного автомата множество входных событий равно $\{A, B\}$, охранные условия зависят от единственной логической входной переменной x, множество выходных воздействий равно $\{z1, z2\}$. Далее состояние автомата с номером 0 будем считать начальным.

В качестве исходных данных для построения управляющего конечного автомата используется множество сценариев работы. Сценарием работы будем называть последовательность $T_1 \ldots T_n$ троек $T_i = <e_i, f_i, A_i>$, где e_i – входное событие, f_i – булева формула от входных переменных, задающая охранное условие, A_i – последовательность выходных воздействий. В дальнейшем тройки T_i будем называть элементами сценария.

Будем говорить, что автомат, находясь в состоянии *state*, удовлетворяет элементу сценария T_i, если из *state* исходит переход, помеченный событием e_i, последовательностью выходных воздействий A_i и охранным условием, тождественно равным f_i как булева формула. Автомат удовлетворяет сценарию работы $T_1 \ldots T_n$, если он удовлетворяет каждому элементу данного сценария, находясь при этом в состояниях пути, образованного соответствующими переходами.

К искомой автоматной модели обязательно предъявляется требование непротиворечивости – не должно быть двух переходов, исходящих из одного состояния

управляющего автомата и одновременно выполнимых при некоторой комбинации события и входных переменных. В некоторых системах к автоматам управления предъявляется требование полноты – любой комбинации события и входных переменных должен соответствовать переход в каждом состоянии.

Решается задача построения управляющего конечного автомата, удовлетворяющего следующим требованиям:

- число состояний автомата равно заданному числу *C*;
- автомат удовлетворяет заданному множеству сценариев работы *Sc*;
- автомат удовлетворяет требованию полноты;
- каждый переход автомата подтвержден хотя бы одним сценарием работы.

Без последнего требования можно эвристически дополнить автомат до полного, однако поведение автомата на добавленных переходах ничем не подтверждено.

Описание предлагаемого метода. Алгоритм построения управляющих автоматов по сценариям работы программы включает в себя пять основных этапов.

1. Построение дерева сценариев.
2. Построение графа совместимости вершин дерева сценариев.
3. Построение набора ограничений на целочисленные переменные, задающего требования к «раскраске» построенного графа и выражающего непротиворечивость и полноту системы переходов искомого автомата.
4. Запуск сторонней программы, решающей задачу удовлетворения построенным ограничениям (CSP), или вызов соответствующего метода сторонней библиотеки.
5. Построение автомата по найденной выполняющей подстановке.

На рис. 2 приведен пример дерева сценариев (ориентированные ребра, изображены пунктиром) и соответствующего графа совместимости (неориентированные ребра, выделены полужирным красным).

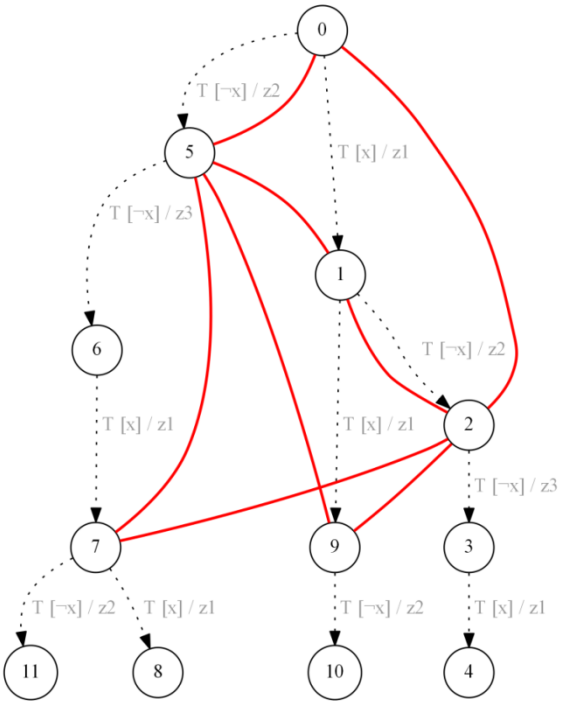


Рис. 2. Пример графа совместимости

Для построения набора ограничений создадим, и будем использовать следующие целочисленные переменные.

1. Переменные x_v соответствуют цвету каждой вершины дерева сценариев v и принимают значения от 0 до $C-1$. Напомним, что вершины одного цвета будут объединены в одно состояние результирующего автомата.
2. Переменные $y_{i,e,f}$ являются вспомогательными для построения ограничений, задающих непротиворечивость (детерминированность) искомого управляющего автомата, и хранят в себе информацию о его переходах. Данные переменные являются вспомогательными, так как наличие в результирующем автомате переходов не определяется исходя из их значений. Используются переменные для каждого состояния i результирующего автомата (значение от 0 до $C-1$), каждого события e, каждого условия перехода f из множества F_e, встречающегося в сценариях. Каждая переменная принимает значения от 0 до $C-1$ и соответствует номеру состояния, в которое ведет переход искомого автомата из состояния i по событию e и условию перехода f.
3. Переменные $z_{i,e,f}$ используются для задания требования полноты искомого автомата и принимают значения 0 или 1, т.е. по своей сути являются логическими. Данные переменные задаются для каждого состояния i результирующего автомата (значение от 0 до $C-1$), каждого события e, каждого условия перехода f из F_e, встречающегося в сценариях. Переменная $z_{i,e,f}$ равна 1, если существует вершина v в дереве сценариев, цвет которой равен i ($x_v = i$), и из нее ведет ребро, помеченное событием e и условием перехода f. В противном случае значение переменной равно 0. Таким образом, данные переменные хранят информацию о структуре переходов результирующего автомата, получающегося в результате объединения вершин дерева сценариев.

Составим набор ограничений на указанные переменные, задающий требования полноты и непротиворечивости искомого автомата:

1. $x_0 = 0$ – ограничение, задающее соответствие корня дерева сценариев начальному состоянию искомого автомата. В настоящем методе начальным состоянием автомата считается состояние с номером 0;
2. $x_v \neq x_u$ (для каждой несовместимой пары вершин дерева сценариев u и v, т.е. соединенных ребром в графе совместимости) – ограничения, задающие непротиворечивость искомого автомата. Они гарантируют отсутствие различающих последовательностей, ведущих из одного состояния автомата. Число ограничений данного вида равно числу ребер графа совместимости, т.е. в худшем случае таких ограничений может быть $O(n^2)$, где n – число вершин дерева сценариев;
3. $(x_v = i) \Rightarrow (x_u = y_{i,e,f})$ (для каждого цвета i и каждого ребра дерева сценариев vu, помеченного событием e и условием перехода f) – ограничения, задающие детерминированность искомого автомата. А именно, если вершине v присвоен цвет i, то цвет вершины u совпадает со значением переменной $y_{i,e,f}$, хранящей номер состояния автомата, в которое ведет переход из состояния i, помеченный событием e и условием перехода f. Число данных ограничений равно $C\cdot(n-1)$;
4. $z_{i,e,f} = 1 \Leftrightarrow (x_{v_1} = i \vee \ldots \vee x_{v_n} = i)$ (для каждого цвета i, входного события e, условия перехода f из F_e, встречающегося в заданных сценариях, и вершин $v_1 \ldots v_n$ дерева сценариев, из которых ведет ребро, помеченное событием e и условием перехода f) – ограничения, необходимые для правильного задания значений переменных $z_{i,e,f}$. Количество данных ограничений оценивается как $O(C\cdot|E|\cdot|F|)$, где как $|E|$ обозначено число событий, а как $|F|$ – число различных условий перехода;
5. $\left(\sum_{f\in F_e}(z_{i,e,f}\cdot c(f)) = 0\right) \vee \left(\sum_{f\in F_e}(z_{i,e,f}\cdot c(f)) = 2^m\right)$ (для каждого цвета i и каждого события e) – ограничения, задающие требование полноты искомого автомата. Здесь

как $c(f)$ обозначена функция, которая возвращает число выполняющих подстановок для булевой формулы f. При подсчете $c(f)$ считается, что булева формула зависит от всех m переменных, содержащихся в сценариях (например, $c(true) = 2^m$, а $c(x_1 \vee \neg x_2)=2^{m-2}$). Сумма $\sum_{f \in F_e}(z_{i,e,f} \cdot c(f))$ равна числу комбинаций значений входных переменных *values*, для которых существует переход из состояния i, помеченный событием e и условием перехода f таким, что выполняется $f(values)$. Условие полноты искомого автомата выражается тем, что или для любого значения входных переменных найдется переход, или ни для одного из значений переменных перехода не существует. Заметим, что условие того, что для любого значения входных переменных найдется переход, можно выразить как $\sum_{f \in F_e}(z_{i,e,f} \cdot c(f)) = 2^m$, так как считается, что требование непротиворечивости уже выполнено, т.е. все формулы, для которых выполняется $z_{i,e,f} = 1$, попарно не имеют общих выполняющих подстановок.

Для программной реализации был использован язык программирования Java и пакет Choco [6] для решения задачи удовлетворения ограничений. Было получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ: Ульянцев В.И., Царев Ф.Н. Программное средство для построения графа совместимости вершин дерева сценариев работы программы // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. № 2012616462. Дата регистрации – 18.07.2012.

Результаты и экспериментальные исследования. Качественное отличие предложенного метода от существующих заключается в предоставлении возможности построения управляющих автоматов, удовлетворяющих требованию полноты. Экспериментальные исследования показали, что метод показывает высокую производительность на различных задачах, справляясь с большинством задач менее чем за минуту работы персонального компьютера. Также существуют задачи построения автоматов, удовлетворяющих требованию полноты, которые вычисляются несколько часов – построенные ограничения в данных случаях непросто разрешить даже современным производительным методам решения задачи удовлетворения ограничений.

Заключение. Настоящая работа направлена на повышение уровня автоматизации производства программного обеспечения – предложен метод построения управляющих автоматов по сценариям работы программы, основанный на методах решения задачи удовлетворения ограничений.

Была произведена разработка и реализация метода построения управляющих автоматов. Разработанный метод состоит из пяти этапов: построение дерева сценариев, построение графа совместимости, построение ограничений на целочисленные переменные, решение задачи удовлетворения построенных ограничений и, наконец, построение искомого автомата, в случае его существования. Предлагаемый подход оперирует с тремя типами целочисленных переменных, пятью типами ограничений на данные переменные. Разработка проводилась на языке программирования Java. Части разработанного средства зарегистрированы: получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Исследование поддержано ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (тема «Разработка методов построения управляющих конечных автоматов по обучающим примерам на основе решения задачи удовлетворения ограничений»).

Литература

1. Поликарпова Н.И., Шалыто А.А. Автоматное программирование. – СПб: Питер, 2009. – 176 с.
2. Вельдер С.Э., Лукин М.А., Шалыто А.А., Яминов Б.Р. Верификация автоматных программ. – СПб: Наука, 2011. – 241 с.
3. Царев Ф.Н. Методы построения конечных автоматов на основе эволюционных алгоритмов. – Диссерт. к.т.н. 2012. – 196 с.
4. Поликарпова Н.И., Точилин В.Н., Шалыто А.А. Метод сокращенных таблиц для генерации автоматов с большим числом входных переменных на основе генетического программирования // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2010. – № 2.– С. 100–117.
5. Ульянцев В.И., Царев Ф.Н. Применение методов решения задачи о выполнимости булевой формулы для построения управляющих конечных автоматов по сценариям работы // Научно-технический вестник ИТМО. – 2012. – № 1(77). – С. 96–100.
6. Choco, java library for constraint satisfaction problems (CSP) and constraint programming (CP) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.emn.fr/z-info/choco-solver/, своб.

Фёдоров Дмитрий Александрович
Год рождения: 1988
Факультет фотоники и оптоинформатики, кафедра компьютерной фотоники и видеоинформатики, группа № 6352
Направление подготовки: 200700 – Компьютерная фотоника
e-mail: End-ik@ya.ru

УДК 621.397

МАСШТАБИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Д.А. Фёдоров
Научный руководитель – к.т.н. доцент Т.Ю. Фисенко

Введение. В работе разработаны эффективные методы масштабирования цифровых изображений. Актуальность темы связана с существенным повышением разрешения фото- и видеокамер, дисплеев, с многомасштабной обработкой изображений, визуализацией областей интереса и согласованием разрешения формирующих и отображающих устройств.

Целью работы стала разработка и исследование адаптивных методов масштабирования на основе дискретного вейвлет-преобразования (ДВП). Выделяются следующие задачи: анализ известных методов масштабирования, разработка и исследование метода увеличения, позволяющего существенно снизить артефакты, присущие классическим методам увеличения, улучшение метода уменьшения изображений, разработка методики исследования, создание базы тестовых изображений, формирование критериев оценки эффективности и экспериментальное исследование разработанных методов.

Стандартная двухканальная одномерная схема ДВП, и обратного ДВП (ОДВП), восстанавливающего исходный сигнал, описана во многих источниках [1, 2]. Для увеличения изображений можно использовать двумерное ОДВП. При этом исходное изображение соответствует низкочастотной (НЧ) субполосе. Для уменьшения изображений используется двумерное ДВП, формирующее НЧ и высокочастотные (ВЧ)

субполосы. В качестве уменьшенного изображения выбирается НЧ субполоса. Метод масштабирования изображений с произвольным целочисленным коэффициентом разработан и описан в [2]. В настоящей работе рассмотрена возможность масштабирования изображений с произвольным коэффициентом.

Современные методы увеличения при помощи ДВП преимущественно основаны на анализе областей с наиболее заметными артефактами – границами. Основной тенденцией в современных решениях задач масштабирования является анализ изображений вдоль направлений. К таким методам относятся метод Sparse Mixing Estimators (SME) [3] и метод на основании бандлетов [4]. Метод SME использует ДВП и ОДВП для улучшения бикубической интерполяции и обеспечивает повышение визуального качества, но имеет высокую вычислительную сложность. Метод на основе бандлетов с ДВП роднит использование вейвлет-коэффициентов, которые также анализируются при помощи словарей, с целью выделить информацию о границах.

Метод адаптивного уменьшения (МАУм). При уменьшении классическими методами ошибки связаны с ВЧ информацией, содержащейся в изображениях. По этой причине в основу метода положена идея формирования уменьшенной версии изображения с минимальными ошибками, вносимыми ВЧ информацией. Для этой цели применяется ДВП, выделение НЧ части сигнала, которая и представляет уменьшенную версию изображения. Схема разработанного метода показана на рис. 1.

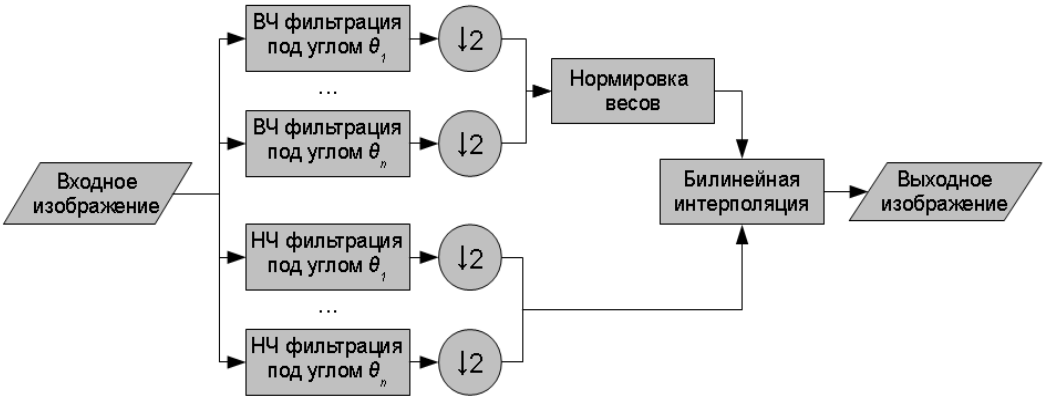


Рис. 1. Схема МАУм

Метод адаптирован к ориентации контуров, позволяет уменьшить излишнее сглаживание границы и ослабить усиление горизонтальных и вертикальных направлений. Чем больше значение амплитуды ВЧ вейвлет-коэффициента, тем сильнее в этом направлении перепад границы в исходном изображении. Соответственно, чтобы сохранить границу надо уменьшить сглаживание в этом направлении. Выходное изображение имеет вид:

$$f_{x/2,\,y/2} = \sum_p (f_{x+t,\,y+t} * h^L_{\theta_p})Q_p\,, \qquad (1)$$

где t – область, охватываемая фильтрами; $h^L{}_\theta$ – НЧ фильтр, ориентированный под углом θ; p – индекс по числу направлений; Q – ВЧ вклад, задается как:

$$Q_q = 1 - \left(\left| h^H_q * f_{x+t,\,y+t} \right| / \left(\sum_q \left| h^H_q * f_{x+t,\,y+t} \right| \right) \right), \qquad (2)$$

где $h^H{}_q$ – ВЧ фильтр; q – индекс по числу направлений.

Метод адаптивного увеличения. Схема метода адаптивного увеличения представлена на рис. 2. На первом этапе выполняется анализ изображения по четырем направлениям при помощи ВЧ вейвлет-фильтров. Чем выше амплитуда ВЧ

коэффициента, тем больший вклад вносит отсчет при интерполяции соседних элементов в данном направлении.

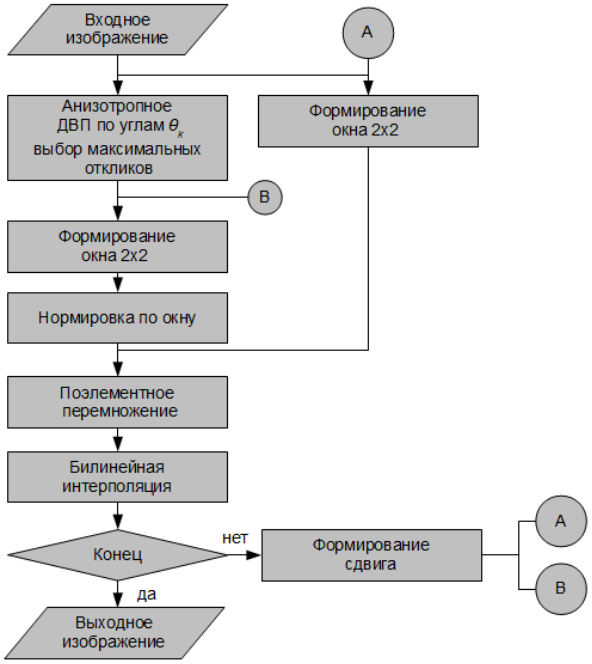


Рис. 2. Схема метода адаптивного увеличения

Метод адаптивного увеличения со словарем каналов. Задача увеличения изображений обычно решается с помощью методов, не зависящих от вида сигнала. Это ведет к размытию границ и появлению лестничного эффекта (рис. 3). Если подходить к увеличению как к задаче аппроксимации [5], то представление масштабированных границ g имеет вид:

$$I_{ideal}(g_{ideal}) = \sum_i B_i I(g) + R, \qquad (3)$$

где B_i – словарь каналов; I – интерполятор; R –остаток представления.

а б в

Рис. 3. Фрагмент тестового изображения «Lenna»: исходный фрагмент (а); ОДВП (ПОСШ=34,19 дБ) (б); разработанный метод (ПОСШ=36,71 дБ) (ПОСШ – пиковое отношение сигнал/шум) (в)

Принципиальная схема адаптивного метода с использованием словаря каналов показана на рис. 4. Сначала необходимо получить увеличенную версию изображения при помощи вейвлет-интерполяции по классической схеме или любым другим разделимым методом (блок 3). Это – базовое изображение, которое будет улучшаться. На втором этапе производится интерполяция исходного изображения вдоль выбранных направлений (блок 4). Третий этап – выделение границ при помощи анизотропного ДВП (блок 5). Здесь необходимо получить высокие значения яркости в областях, которые будут подвергнуты улучшению, чтобы избежать артефактов. Также при помощи анизотропной интерполяции размеры изображений границ приводятся в

соответствие с размерами увеличенной версии изображения (блок 6). На четвертом этапе (блок 7) происходит определение доминирующих направлений при помощи словаря каналов, чтобы затем выбрать соответствующие пиксели из результатов второго этапа (блок 8). И в конце, в базовой версии изображения производятся соответствующие замены значений яркости по аппликативной схеме (блок 9).

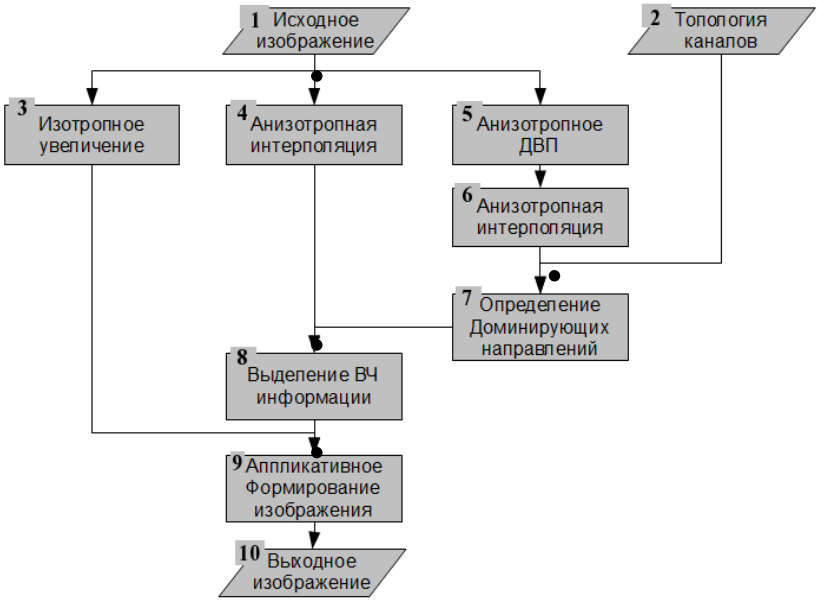


Рис. 4. Схема адаптивного алгоритма увеличения с использованием словаря каналов

Методика эксперимента. Для исследования методов разработана методика эксперимента, выбраны субъективные и объективные критерии оценки качества масштабирования и составлена база тестовых изображений, включающая 40 изображений различного размера, содержащих мелкие и крупные детали, различные текстуры и другие сложные перепады яркости. В качестве объективного критерия выбрана оценка пикового отношения сигнал/шум (ПОСШ).

Для исследования МАУм производится уменьшение изображений различными методами, последующее увеличение и сравнение с исходным изображением. Для исследования методов увеличения сначала проводится уменьшение разработанным методом с последующим увеличением различными методами.

Заключение. Разработан и исследован метод адаптивного уменьшения изображений на основе анизотропного ДВП. Метод обеспечивает получение хорошего визуального качества, позволяет сохранить больше деталей на изображении, в среднем, по тестовый выборке, обеспечивает большее ПОСШ.

Разработан и исследован метод адаптивного увеличения изображений на основе анизотропного ДВП. Подход к увеличению как к задаче аппроксимации позволил создать метод, объективно улучшающий базовый метод масштабирования. Новизна метода состоит в том, что анизотропное ДВП используется для построения модели изображения, при помощи которой в дальнейшем производится масштабирование.

Разработан и исследован метод адаптивного увеличения изображений с использованием словаря каналов. Использование словаря каналов позволило лучше интерполировать контуры и существенно уменьшить артефакты, воспринимаемые зрительной системой человека, получить высокие значения ПОСШ. Новизна метода состоит в использовании направленной интерполяции для построения гладких границ и в использовании нового метода обнаружения границ при помощи анизотропного ДВП.

Разработанные методы позволяют повысить ПОСШ на несколько дБ в тех фрагментах изображения, которые содержат границы объектов, обеспечить связность

визуализируемых областей в виде узких колец, тонких вытянутых кривых полос, избежать лестничного эффекта на границах объектов, повысить разрешение изображений.

Литература

1. Федоров Д.А. Метод интерполяции цифровых изображений на основе дискретного вейвлет-преобразования // Научно-технический вестник ИТМО. – 2012. – № 79. – С. 37–40.
2. Фёдоров Д.А. Метод масштабирования изображений с целочисленным коэффициентом на основе вейвлетного преобразования // Оптический журнал. – 2013. – Т. 80. – № 3. – С. 54–57.
3. Mallat S, Goushen Yu Super resolution with sparse mixing estimators // IEEE Trans on IP. – 2010. – V. 19. – № 11. – P. 2889–2900.
4. Vladan V. Image interpolation using oriented wavelet transform EUSIPCO 2008.
5. Velisavljevic V. Image interpolation using oriented wavelet transforms // EURASIP European Signal Proc. Conf. – 2008.
6. Малл С. Вейвлеты в обработке сигналов. Пер. с англ. – М.: Мир, 2005. – 671 с.

Федорова Елена Владимировна
Год рождения: 1985
Институт международного бизнеса и права,
кафедра интеллектуальной собственности и управления инновациями, группа № 6459
Направление подготовки: 222000 – Организация и управление инновационной деятельностью и инновационным предпринимательством
e-mail: fedorova_elena@list.ru

УДК 332.142.2

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНОВ (НА ПРИМЕРЕ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОКРУГОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ)

Е.В. Федорова
Научный руководитель – к.э.н., доцент С.В. Мурашова

Работа выполнена в рамках первого этапа НИР № 610478: «Создание компетентностно-ориентированной модели управления инновациями в Российской Федерации».

Актуальность темы исследования. Развитые страны, столкнувшись с демографическим кризисом (убыль населения) и тенденцией завершения структурных реформ, уже не один десяток лет назад осознали, насколько необходим интенсивный уровень развития инновационного потенциала, который способствует более быстрому росту производительности и позволяет экономике развиваться высокими темпами.

Инновационная деятельность позволяет выдерживать высокие уровень конкурентоспособности и темп экономического роста даже в условиях дефицита ресурсов, климатических и географических особенностей. В последние несколько лет идет тенденция к сужению объекта оценки инновационной деятельности, а именно

индексирование по фактору инновационной активности проводится не только на уровне стран, но и на уровне регионов, в том числе отдельных городов. Регионы и города стали основной пространственной единицей, где происходит диффузия знаний, построение локальной инновационной системы, рост потенциала региональных экономик и инновационной активности. Их географическая близость облегчает получение, накопление и использование знаний, коммерциализацию полученных и обобщенных результатов. Инновационная производительность регионов зависит не только от количества промышленных предприятий и научно-исследовательских институтов, но и от грамотно построенных связей между различными заинтересованными сторонами.

Исследование нацелено на определение оптимальных способов оценки инновационной деятельности на региональном уровне, определении критериев и выборе показателей, способствующих выявлению и анализу основных факторов, влияющих на развития регионов посредством инновационной деятельности. Результат настоящей работы представляет особый интерес для различных заинтересованных сторон, например, научно-исследовательские университеты, предпринимательские структуры, представители различных уровней власти, инвесторы.

Объективная оценка инновационной деятельности региона может способствовать выявлению сильных и слабых сторон, позволить скорректировать направление политики, создать благоприятные условия для инвестиций, выявить отдельные показатели, характеризующие инновационный потенциал региона с целью его дальнейшего развития.

Степень научной разработанности проблемы. Учитывая значимость инновационного развития, российские и зарубежные эксперты уже долгое время занимаются изучением инновационных процессов и факторов, влияющих на развитие инновационной деятельности, оценкой влияния на социально-экономическое развитие стран и регионов.

Исследования в инновационной сфере нашли отражения в работах зарубежных авторов Г. Тарда, Й.А. Шумпетера, М. Портера, П. Друкера, а также российских авторов, таких как Д.В. Грибанов, А.С. Звездкина, М.В. Волынкина, Д.В. Чистов, В.В. Котилко, М.А. Котляров, В.Н. Киселев, В.М. Смирнов, И.Н. Рыкова, Ю.С. Емельянов, А. Гусев и др.

В ходе работы были изучены нормативные правовые документы Российской Федерации (РФ) и ряда субъектов РФ в сфере инновационной деятельности и (или) имеющие отношение к среде создания и распространения инноваций.

Несмотря на большое количество исследований в инновационной сфере, разработка оптимальных методов оценки региональной инновационной деятельности, определение ее критериев и показателей крайне важна для развития экономической системы России и повышения уровня благосостояния населения. Каждый регион страны имеет разнообразный набор качеств, которые могут повысить его общий инновационной балл. Нет двух одинаковых стран или регионов точно так же, как и не существует единого пути инновационного развития и укрепления экономических позиций на региональном, мировом уровне. Множественность подходов, включающих все же идентичные показатели, свидетельствует о том, что метод оценки инновационной деятельности региона должен базироваться на критериях и показателях, способных раскрыть инновационный потенциал с учетом институциональной среды исследуемого объекта.

Основная **цель работы** заключалась в анализе и выработке оптимального метода оценки инновационной деятельности регионов РФ. Объектом работы является инновационная деятельность региона, предметом – методы оценки региональной

инновационной деятельности и формирование рейтингов развития инновационной сферы региона.

Теоретические и методологические основы. Работа базируется на научных трудах зарубежных и российских ученых и специалистов, посвященных анализу и оценке инновационной деятельности, а также выявлению факторов, способствующих инновационному росту регионов, нормативные правовые акты РФ и субъектов РФ, официальные статистические сведения по исследуемой проблематике.

В настоящее время российскими исследователями при оценке инновационной деятельности применяется множество разных подходов, таких как: рейтинги инновационного развития Независимого института социальной политики (НИСП), фонда «Центр стратегических разработок «Северо-Запад» (ЦСР «Северо-Запад»), Национальной ассоциации инноваций и развития информационных технологий (НАИРИТ); Фонда «Петербургская политика», рейтинг Академии при Президенте РФ и РБК daily; Финансового университета, Высшей школы экономики; методики оценки Министерства экономического развития РФ и Ассоциации инновационных регионов России, публикации А. Гусева, В. Киселева и другие. Зарубежный опыт показывает, что в мире одним из наиболее весомых мировых рейтингов национальной инновационной активности является European Innovation Scoreboard – Европейское инновационное табло. Кроме того используются: индекс технологических достижений (Technology Achievement Index); индекс инновационного потенциала (Innovation Capacity Index); всемирный инновационный индекс Бостонской консалтинговой группы (GII BCG); всемирный инновационный индекс INSEAD (GII INSEAD); глобальный фактор инноваций (Global Innovation Quotient), инновационный индекс в американских регионах (Innovation Index in American regions), рейтинг австралийского агентства 2thinknow.

На основе анализа существующих методик оценки инновационной деятельности, автором предложена методика оценки инновационной деятельности регионов на основе шести групповых факторов, влияющих на функционирование инновационной структуры региона. Групповые факторы образуют сводный коэффициент, на основе которого выстраивается итоговый рейтинг в зависимости от развития инновационной деятельности регионов.

Разработанная автором методика оценки региональной инновационной системы имеет следующие преимущества по сравнению с существующими методиками.

1. В составе сводного коэффициента рассчитывается ряд показателей, отражающих участие государственной власти региона в развитии инновационной деятельности посредствам ее стимулирования и создания спроса через систему закупок товаров для государственных и муниципальных нужд, а также юридическими лицами для нужд государственных компаний, корпораций или организаций, доля участия государства в которых более 50%.
2. Сводный коэффициент учитывает не только то, какие существуют возможности для развития инновационной деятельности, но и эффект, который создается в результате работы инновационной системы региона. Данный эффект отражен не только общепринятыми в российской практики показателями, но и показателями, которые позволяют оценить влияние инновационной деятельности на уровень жизни населения региона.
3. Для расчета сводного коэффициента оценки инновационной деятельности регионов используется метод сглаживания коэффициентов на основе их важности в системе инновационного развития региона, т.е. сводный коэффициент, состоящий из шести групп факторов, рассчитывается в зависимости от влияния каждой группы. Так, например, 20% в общем объеме влияет человеческий фактор, 20% –

инфраструктурный фактор, 20% – фактор интеллектуального результата, еще 20% – фактор экономического эффекта, 15% – фактор инфраструктурного эффекта и 5% при расчете образует социальный эффект, созданный в результате работы всей экономической системы региона.

4. Автором предложено при оценке инновационной деятельности регионов проводить анализ в разрезе каждого вида экономической деятельности в соответствии с Общероссийским классификатором видов экономической деятельности (ОКВЭД) с целью выявления отраслевой специфики инновационной деятельности региона и стимулирования развития инновационной деятельности данной отрасли всеми заинтересованными сторонами. Оценка по видам экономической деятельности позволит создать наиболее объективную картину развития инноваций по всей России с учетом географических, ресурсных, сырьевых и прочих особенностей, что приведет к снижению регионального неравенства и уменьшению сверхконцентрации экономических ресурсов в столичных агломерациях.

Вместе с тем, в работе автором выявлены недостатки действующей системы федерального статистического наблюдения в сфере инновационной деятельности регионов. Показано, что исключение из репрезентативной выборки организаций, относящихся к видам экономической деятельности по ОКВЭД, которые не учитываются в формах федерального статистического наблюдения № 4-инновация и № 1-технология, не позволяет объективно провести мониторинг инновационной деятельности региона. В связи с чем, автором предложено включить в генеральную совокупность организации, предоставляющие отчеты по указанным федеральным статистическим формам, по всем видам деятельности в соответствии в ОКВЭД. Кроме того, предложено провести гармонизацию ОКВЭД в соответствии с изменениями в экономической сфере страны и выделению более совершенной номенклатуры, например, на основе официальной версии на русском языке Статистической классификации видов экономической деятельности в Европейском экономическом сообществе (КДЕС Ред. 2) – Statistical classification of economic activities in the European Community (NACE Rev. 2).

В настоящее время положения, изложенные в работе, используются в работе Комитета по промышленной политике и инновациям Правительства Санкт-Петербурга, что подтверждено письмом об использовании результатов от 25.06.2013 № 3729/13.

Федорова Татьяна Дмитриевна
Год рождения: 1989
Гуманитарный факультет, кафедра прикладной экономики и маркетинга, группа № 6074
Направление подготовки: 080500 – ИТ-консалтинг
e-mail: tank.ftd@mail.ru

УДК 338.242.2

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗА РЫНКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

Т.Д. Федорова
Научный руководитель – к.э.н., доцент П.В. Бураков

Работа выполнена в рамках НИР № 610480 «Исследования в области создания систем спектральной оптической когерентной микроскопии и оценка возможностей их применения».

В работе проведен анализ схемы, методов и инструментов исследования рынка промышленных товаров. Выделены объекты при исследовании рынка с целью коммерциализации научно-технической продукции (НТП), и определены их характеристики. Основываясь на особенностях рынка НТП, определены методы и инструменты исследования, подходящие для данного рынка, а также определены источники получения информации. Сделан вывод о том, что исследование и анализ рынка необходимо производить на протяжении всех этапов разработки НТП. Предложен новый подход к сегментированию рынка. Проведено исследование и классификация маркетинговых информационных систем.

Одним из важнейших факторов развития экономики является производство наукоемкой продукции. Однако неразвитость рынка НТП не позволяет в полной мере получать отдачу от отечественных научных достижений. В результате большинство перспективных научных разработок оказываются нереализованными.

Научная и (или) научно-техническая продукция – это научный и (или) научно-технический результат, в том числе результат интеллектуальной деятельности, предназначенный для реализации. Соответственно, под научно-технической продукцией следует понимать опытные образцы, знания, патенты, предназначенные для коммерциализации.

Для успешной коммерциализации новой или модифицированной НТП необходимо исследовать рынок, определить потребность в данной НТП, выявить спрос на подобную продукцию. Для получения выше обозначенной информации проводятся исследования.

Рынок НТП является рынком товаров производственного назначения, но имеет ряд особенностей, в силу которых исследование и анализ рынка НТП несколько отличается от исследования и анализа товарных рынков. При этом схема сбора информации остается стандартной. Специфика заключается в методах, инструментах и способах получения и обработки информации.

Основываясь на целях исследования (формирование стратегии для обеспечения конкурентного преимущества: анализ внешней среды – изучение состояния на рынке, анализ внутренней среды – изучение НТП для определения ее основных свойств) были выделены следующие объекты рынка НТП и их характеристики:

- продукция (характеристики НТП, степень новизны, удовлетворение потребностей текущего и перспективного периода);
- конкуренты (доля рынка конкурентов, особенности НТП конкурентов, барьеры проникновения на рынок, производственные возможности конкурентов);
- потребители (направление и спрос потребления, характеристика потребителей, неудовлетворенность потребителей);
- рынок (отрасль, фактическая и прогнозируемая емкость, тенденции развития рынка);
- правовые нормы (ограничения, особенности коммерциализации, защита интеллектуальной собственности).

Следует отметить, что объекты и их характеристики могут отличаться от вышеприведенных, так как каждая научно-техническая разработка является оригинальной. Среди объектов исследования наибольший интерес представляет исследование рынка с целью коммерциализации НТП.

После определения объектов необходимо разработать план исследования. В него входит определение источников вторичной и первичной информации, установление сроков проведения исследования, предварительных решений о составлении выборки и способах связи с аудиторией.

Для описательных исследований, к которому относится и исследование рынка НТП, наиболее удобен опрос/интервью в качестве метода исследования. Источником информации при проведении опроса будут выступать специалисты (эксперты) – лица, чья профессиональная деятельность тесно связана с предметом исследования, либо конкретные организации, занимающиеся разработкой приборов. Для эффективного проведения исследования рынка НТП необходимо проводить повторяющиеся опросы, называемые панелью.

На данном этапе большое значение должно уделяться инструменту исследования, т.е. грамотному составлению анкет и опросных листов. После разработки проекта исследования, следует переходить непосредственно к сбору информации. Данный этап исследования является самым дорогим и чреватым ошибками. После сбора данных переходят непосредственно к их анализу.

Для проведения исследования и анализа полученных данных и сегментирования рынка с целью коммерциализации НТП предлагается использовать методику состоящую из следующих этапов: анализ объектов рынка НТП; сегментирование рынка; отбор сегментов; позиционирование и разработка стратегии; разработка комплекса маркетинга; коммерциализация НТП.

Следует отметить, что исследование и анализ рынка необходимо проводить в течение всего периода разработки НТП, так как в процессе исследования уточняется область применения, а требования потребителей могут даже изменить функциональные характеристики НТП.

После анализа объектов необходимо перейти к сегментированию рынка. В ходе проведенного анализа методов сегментирования рынка был сделан вывод, что традиционные методы сегментации недостаточно адаптированы к специфике исследований и анализа рынка НТП. В связи с чем, был предложен новый подход к сегментированию рынка НТП. Для сегментирования рынка по трем признакам: область применения, функциональные характеристики НТП (технико-эксплуатационная модель продукции), характеристики потребителей (поведенческая модель потребителя) предлагается использовать следующий алгоритм.

Шаг 1. Определить сегменты на пересечении области применения и функциональных характеристик НТП. Каждый элемент матрицы будет далее выступать в качестве одной из характеристик следующей матрицы (заголовок будет описан в виде

иерархии). В некоторых ячейках таблицы значения могут отсутствовать: это означает, что такое сочетание признаков невозможно, либо на данный момент не используется.

Шаг 2. По определенным на шаге 1 признакам (область применения, характеристика НТП) и характеристикам потребителя определить окончательные сегменты. Получится двухмерная матрица, в которой один из заголовков представлен в иерархическом виде. В некоторых ячейках таблицы также могут отсутствовать значения.

В процессе сегментирования рынка НТП сложно использовать заранее известные признаки, поэтому на основе первичной информации необходимо разработать признаки, подходящие для сегментирования рынка НТП и отвечающие целям исследования. Сложность сегментирования рынка НТП заключается еще и в том, что это не всегда удовлетворение существующих потребностей. Часто НТП формирует новые потребности, которые раньше были недостаточно точно обозначены. Иначе говоря, происходит процесс не только сегментирования, но и формирования нового рынка НТП.

Далее необходимо произвести отбор целевых сегментов. При отборе сегментов необходимо учитывать не только потенциальные возможности сегмента, но и риски, а также вторичный спрос. После отбора сегментов осуществляется позиционирование НТП на выбранных сегментах и разрабатывается стратегия. Для позиционирования НТП следует провести SWOT-анализ разработанной продукции. На основе выявленных сильных и слабых сторон определяется позиционирование НТП.

На основе анализа вторичного рынка, уточнения функциональных характеристик НТП (под сегмент) формируется ценовая политика, проводится анализ возможных способов продвижения продукции, оценка степени новизны продукции и конкурентоспособности, а также определение каналов и методов продвижения НТП. Каналами продвижения являются: конференции, симпозиумы, семинары; деятельность центров научно-технической информации; контакты ученых. Разработанный комплекс маркетинга должен обеспечивать реализацию выбранной стратегии и способствовать коммерциализации НТП.

При проведении исследования рынка необходимо производить анализ достаточно большого массива информации. Провести анализ качественно и в достаточно короткие сроки без использования информационных технологий не представляется возможным. Потому для качественного анализа рынка необходимо использовать маркетинговые информационные системы.

На текущий момент существует большое количество подобных систем. Характеристики и возможности систем достаточно сильно отличаются друг от друга, поэтому однозначно рекомендовать какую-либо систему нельзя. При выборе маркетинговых информационных систем (МИС) необходимо руководствоваться целями и задачами, которые стоят перед исследователем рынка, возможностями системы, а также задачами, которые исследователь ставит перед информационной системой.

Несмотря на то, что применение информационных технологий требует со стороны предприятий серьезных материальных вложений, выгоды от использования МИС очевидны – это получение наиболее оптимальной маркетинговой информации для управления предприятием, эффективного маркетингового планирования, преимуществ перед конкурентами.

Разработанная методика исследования и анализа рынка научно-технической продукции может применяться в ходе научно-исследовательской работы в области создания систем спектральной оптической когерентной микроскопии.

Литература

1. Багиев Г.Л., Тарасевич В.М. Маркетинг: учебник для вузов. – 3-е изд. – СПб: Питер, 2010. – 576 с.
2. Басовский Л.Е. Маркетинг вопросы и ответы. – М.: ИНФРА-М, 2010. –132 с.
3. Лобода В.А. Средства продвижения научно-технической продукции // Новости науки и технологий. – 2008. – № 1(7) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://belisa.org.by/ru/izd/stnewsmag/1_2008/art5_7_2008.html, своб.
4. Бушуева Л.И. Маркетинговые информационные системы в управлении предприятием // Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. – 2006. – № 1. – 108–125.
5. Мхитарян С.В. Маркетинговая информационная система: учебно-методический комплекс. – М.: Изд. Центр ЕАОИ, 2008. – 112 с.

Чивилихин Даниил Сергеевич
Год рождения: 1990
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра компьютерных технологий, группа № 6539
Направление подготовки: 010400 – Технология проектирования и разработки программного обеспечения
e-mail: chivilikhin.daniil@gmail.com

УДК 004.4'242

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ НА ОСНОВЕ МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА

Д.С. Чивилихин
Научный руководитель – ассистент Ф.Н. Царев

В последнее время проводится все больше исследований в области поисковой инженерии программного обеспечения [2]. В этом подходе методы поисковой оптимизации применяются для автоматизированного построения программ для прикладных задач. Одним из классов таких задач является управление объектами со сложным поведением. Для таких задач весьма эффективно автоматное программирование [4], основным преимуществом которого является возможность автоматизированной верификации автоматных программ. Основной проблемой при этом является трудность построения автоматов вручную. В связи с этим для построения автоматов широко применяются методы поисковой оптимизации, например, генетические алгоритмы [3]. Одним из представителей методов роевого интеллекта, моделирующих поведение коллективов живых существ для решения комбинаторных задач, являются муравьиные алгоритмы [1]. **Целью работы** была разработка метода построения конечных автоматов, основанных на муравьиных алгоритмах. Новизна предложенного подхода заключается в том, что ни один из методов роевого интеллекта до сих пор не применялся для построения конечных автоматов.

Предложенный метод позволяет строить, в том числе, управляющие конечные автоматы. Управляющий конечный автомат – это семерка $\langle S, X, \Sigma, \Delta, \delta, \lambda, s_0 \rangle$, где S –

множество состояний; X – множество булевых входных переменных; Σ – множество входных событий; Δ – множество выходных воздействий; $\delta: S \times \Sigma \times 2^X \to S$ – функция переходов; $\lambda: S \times \Sigma \times 2^X \to \Delta^*$ – функция выходов, а $s_0 \in S$ – стартовое состояние. Пример управляющего конечного автомата приведен на рис. 1.

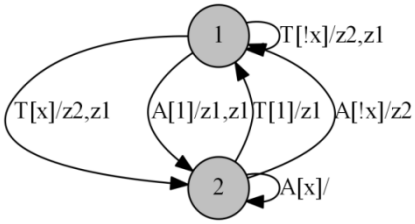


Рис. 1. Пример управляющего конечного автомата

Введем вещественную функцию приспособленности (ФП) f автомата, определенную на множестве всех конечных автоматов, значения которой пропорциональны близости наблюдаемого поведения автомата к желаемому. Тогда задача построения автомата может быть сформулирована как задача оптимизации. Пусть задано число состояний N_{states}, множество входных событий Σ и множество выходных воздействий Δ целевого автомата. Требуется найти автомат x с достаточно большим значением ФП $f(x) \geq f_b$.

Предложенный в работе метод построения конечных автоматов основан на альтернативном сведении этой задачи к оптимизации на графе. Центральным понятием здесь является понятие мутации конечного автомата – небольшого изменения его структуры. Используется два типа мутаций автоматов: для случайного перехода меняется либо состояние, в которое он ведет, либо записанное на нем выходное воздействие. Множество всех автоматов с заданными параметрами представляется в виде ориентированного графа G, который мы будем называть графом мутаций. Две вершины в графе G соединены ребром, если соответствующие им автоматы могут быть получены друг из друга с помощью одной операции мутации. Кроме того, на каждом ребре (u, v) графа задается значение эвристической информации, вычисляемое по формуле:

$$\eta_{uv} = \max(\eta_{\min}, f(v) - f(u)),$$

где $\eta_{\min}$ – небольшая положительная константа, например, 10^{-3}. В начале работы предложенного метода строится случайный конечный автомат с заданным числом состояний N_{states}, который добавляется в граф и становится его первой вершиной. Далее, пока не найдено решение или не исчерпаны выделенные алгоритму вычислительные ресурсы, в бесконечном цикле выполняются две операции: построение решений муравьями и обновление значений феромона.

При построении решений муравьями все муравьи начинают строить решения из вершины, соответствующей лучшему на данный момент решению. На каждой итерации муравьиной колонии каждый муравей обходит граф. Пусть муравей находится в вершине u, ассоциированной с автоматом A. Если у вершины u существуют инцидентные ей ребра, то муравей выполняет одно из следующих действий: построение новых решений либо выбор из существующих решений. Если у вершины u нет инцидентных ей ребер, то муравей всегда выполняет первое действие – построение новых решений.

При построении новых решений муравей выполняет N_{mut} случайных мутаций автомата A. Результатом выполнения каждой мутации является автомат A_{mut}. Далее, если в графе G нет вершины t, ассоциированной с автоматом A_{mut}, такая вершина создается и добавляется в граф. Наконец, в граф добавляется ребро (u, t). После выполнения всех мутаций муравей переходит в вершину, соответствующую лучшему

из построенных на этом шаге автоматов. При выборе из существующих решений следующая вершина $v \in N_u$ выбирается из множества вершин N_u, инцидентных текущей вершине u с вероятностью

$$p_{uv} = \frac{\tau_{uv}^{\alpha} \cdot \eta_{uv}^{\beta}}{\sum_{w \in N_u} \tau_{uw}^{\alpha} \cdot \eta_{uw}^{\beta}}, \alpha, \beta \in [0,1].$$

Каждый муравей может выполнить максимум n_{stag} шагов без увеличения своего значения ФП. После этого муравей будет остановлен. Аналогично, колония муравьев может выполнить максимум N_{stag} итераций без увеличения максимального значения ФП. После этого алгоритм перезапускается.

При обновлении значений феромона значение, которое муравей откладывает на ребрах своего пути, равно максимальному значению ФП всех автоматов, посещенных этим муравьем. Для каждого ребра (u, v) графа G хранится число τ_{uv}^{best} – наибольшее из значений феромона, когда-либо отложенных на этом ребре. Из пути каждого муравья выделяется отрезок от начала пути до вершины, содержащей автомат с наибольшим на пути значением ФП. Для всех ребер из этого отрезка обновляются значения τ_{uv}^{best}, а затем значения феромона на всех ребрах графа G обновляются по формуле:

$$\tau_{uv} = \max\left(\tau_{\min}, \rho\tau_{uv} + \tau_{uv}^{best}\right),$$

где $\tau_{\min} = 10^{-3}$ – фиксированная нижняя граница значений феромона, а $\rho \in [0,1]$ – скорость испарения феромона.

Одной из рассмотренных в рамках экспериментальных исследований задач является задача построения управляющих автоматов по тестам, которая состоит в построении автомата с фиксированным поведением, заданным набором обучающих тестовых примеров (тестов) T. Тест задается двумя последовательностями: последовательностью входов $In[i]$ и соответствующей последовательностью выходов $Ans[i]$. Последовательность $In[i]$ составлена из элементов множества входных событий Σ, а последовательность выходов $Ans[i]$ – из элементов множества выходов Δ. Конечный автомат удовлетворяет тесту $T_i = \{In[i], Ans[i]\}$, если последовательность $Ans[i]$ является результатом передачи автомату на вход последовательности $In[i]$. Задача состоит в нахождении автомата с заданным числом состояний, удовлетворяющего всем тестам.

Используемая ФП основана на редакционном расстоянии между строками. Каждая входная последовательность $In[i]$ подается на вход построенному автомату, при этом запоминается выходная последовательность $Out[i]$. Полученная выходная последовательность сравнивается с эталонной последовательностью $Ans[i]$. Для оценки схожести полученных последовательностей вычисляется значение выражения:

$$f_1 = \frac{1}{|T|}\sum_{i=1}^{|T|}\left(1 - \frac{\mathrm{ED}\left(\mathrm{Out}[i], \mathrm{Ans}[i]\right)}{\max\left(\mathrm{len}\left(\mathrm{Out}[i]\right), \mathrm{len}\left(\mathrm{Ans}[i]\right)\right)}\right),$$

где $|T|$ – число тестов в наборе; len(s) – длина последовательности s, а ED(s_1, s_2) – редакционное расстояние между последовательностями s_1 и s_2. Окончательное выражение для ФП учитывает число переходов transitionsCount автомата:

$$f = \begin{cases} 10 \cdot f_1 + \dfrac{1}{M}\left(M - \text{transitionsCount}\right), \text{ если } f_1 < 1 \\ 20 + \dfrac{1}{M}\left(M - \text{transitionsCount}\right), \text{ если } f_1 = 1 \end{cases}, \quad M > \text{transitionsCount}.$$

В каждом эксперименте сначала генерировался случайный конечный автомат и по нему строились тесты. Далее с помощью алгоритмов поисковой оптимизации по тестам строился удовлетворяющий им управляющий автомат. Процесс построения набора тестов состоит из этапов построения случайного управляющего автомата с заданным числом состояний N_{states} и построения тестов по автомату длиной от N_{states} до $3\times N_{states}$. Сравнение велось с предложенным в диссертации Ф. Царева [5] алгоритмом ГА-2+ЭС, который комбинирует генетический алгоритм и эволюционную стратегию. Особенностью генетического алгоритма является то, что в нем применяется специальный оператор кроссовера, учитывающий поведение автомата на тестах.

Для каждого сгенерированного автомата с 4–10 состояниями проводилось по 100 запусков предложенного метода. В каждом запуске метод работал вплоть до достижения целевого значения ФП. Графики средних значений числа вычислений ФП предложенного метода и генетического алгоритма приведены на рис. 2. Как видно из графиков, предложенный метод во всех случаях оказался в среднем в 3–20 раз эффективнее генетического алгоритма.

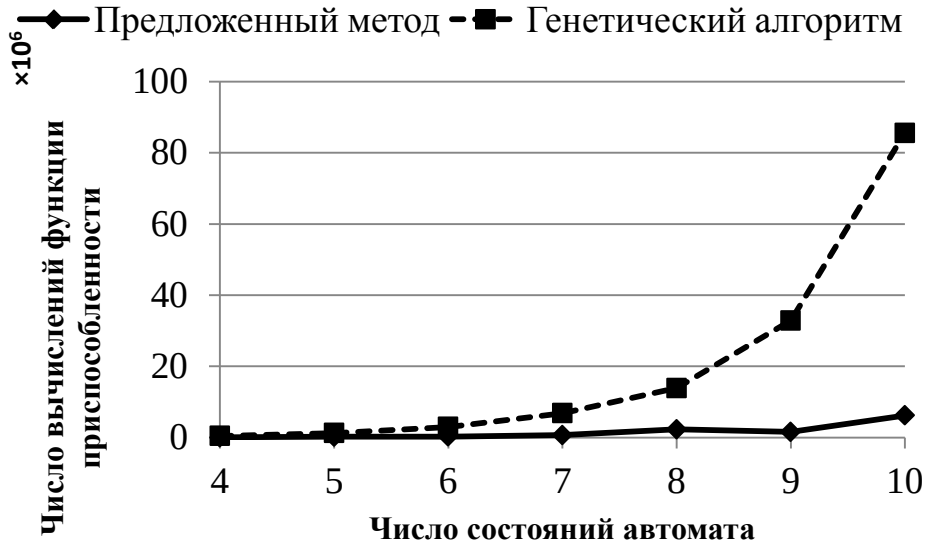


Рис. 2. Среднее число вычислений ФП для предложенного метода и генетического алгоритма при различных размерах целевых автоматов

Подводя итог, в работе был предложен новый метод построения конечных автоматов, основанный на муравьином алгоритме нового типа и представлении пространства поиска в виде графа мутаций. Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют о том, что для рассмотренных задач предложенный метод существенно эффективнее генетических алгоритмов.

Литература

1. Dorigo M., Stützle T. Ant Colony Optimization. – MA: MIT Press, 2004. – 319 p.
2. Harman M. Software engineering meets evolutionary computation // Computer. – 2011. – V. 44. – № 11. – P. 31–39.

3. Mitchell M. An Introduction to Genetic Algorithms. – MA: The MIT Press, 1998. – 209 p.
4. Поликарпова Н.И., Шалыто А.А. Автоматное программирование. – 2-е изд. – СПб: Питер, 2011. – 176 с.
5. Царев Ф.Н. Методы построения конечных автоматов на основе эволюционных алгоритмов. – Диссерт. к.т.н. 2012. – 196 с.

Шолохов Алексей Владимирович
Год рождения: 1990
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра речевых информационных систем,
группа № 6599
Направление подготовки: 230400 – Речевые информационные системы
e-mail: sholokhovalexey@gmail.com

УДК 004.93+57.087.1

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИН БОЛЬЦМАНА ДЛЯ ВЕРИФИКАЦИИ ДИКТОРА

А.В. Шолохов
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Т.С. Пеховский

В настоящей работе приводятся результаты исследования применимости машин Больцмана в задаче тексто-независимой верификации диктора. Распознавание диктора – область биометрии, где личность человека устанавливается с помощью информации, содержащейся в речи человека. Речевой сигнал – биометрическая характеристика, позволяющая с одной стороны достаточно надежно идентифицировать личность, с другой – не требующая сложного дорогостоящего оборудования для ее получения. Привлекательность такого метода аутентификации заключается в том, что человеческий голос не может быть украден или забыт, в отличие от пароля в традиционных способах защиты доступа. Распознавание диктора может подразумевать под собой две задачи: верификацию диктора, когда для тестового и эталонного произнесений необходимо дать бинарный ответ о совпадении или несовпадении личностей в этих записях, и идентификацию диктора, где для данного тестового произнесения нужно среди множества имеющихся эталонов определить какой личности принадлежит эта запись. В то же время задача распознавания диктора может быть разделена на тексто-зависимое и тексто-независимое распознавание.

Основной **целью работы** было исследование эффективности использования машин Больцмана для тексто-независимой верификации диктора. Научная новизна работы заключается в том, что была предложена новая архитектура машины Больцмана для верификации диктора, позволяющая напрямую моделировать совместное распределение двух биометрических образцов. Также была решена проблема переизбытка настраиваемых параметров с использованием идеи факторизации тензора параметров.

Проблема верификации диктора начала активно исследоваться, начиная с 90-х годов прошлого века и работы Дугласа Рейнольдса. В течение 2000-х годов большое распространение получили методы, основанные на модели факторного анализа (FA) [1–4], и идее сокращения размерности пространства признаков, схожей с идеей, предложенной в методе распознавания лиц eigenfaces. Однако в последнее время не

наблюдается большого прогресса в повышении качества работы систем верификации, что можно объяснить, например, исчерпанием потенциала, имеющегося у гауссовских моделей, базирующихся на классическом FA и его модификациях. Это подтолкнуло к попыткам разработки новых или заимствования других, уже существующих моделей, которые бы в дальнейшем позволили существенно улучшать качество верификации по сравнению с текущим уровнем.

Машина Больцмана представляет собой разновидность марковского случайного поля или ненаправленную графическую модель. Она представляет собой, в общем случае, полный граф, и который имеет два типа узлов: одни соответствуют наблюдаемым случайным переменным, вторые – ненаблюдаемым или скрытым. Существуют частный случай машины Больцмана – ограниченная машина Больцмана (RBM), которая не имеет связей между скрытыми узлами и между наблюдаемыми узлами, т.е. представляет собой двудольный граф. Машины Больцмана предназначены для моделирования вероятностных распределений. Наличие скрытых переменных позволяет машинам Больцмана обнаруживать сложные нелинейные статистические закономерности в данных, делая их привлекательным инструментом для многих задач вероятностного моделирования. Машина Больцмана представляет собой ненаправленную графическую модель, поэтому определяемое ей распределение задается энергией $E(x;\theta)$:

$$p(x) = \frac{1}{Z}\exp(-E(x;\theta)),$$

где x – наблюдаемый вектор; θ – параметры модели; Z – нормировочная константа.

К настоящему времени уже предпринимались попытки использования машин Больцмана для задачи верификации диктора. Однако ни в одной из этих работ не было достигнуто результатов, превосходящих текущие, полученные с использованием классического вероятностного линейного дискриминантного анализа, показывающего наилучшие результаты в настоящее время. Это можно объяснить слишком простой архитектурой предложенных моделей, а также сложностью обучения машин Больцмана в принципе. Несмотря на это, машины Больцмана успешно зарекомендовали себя в смежных областях применения, как модели, способные находить сложные нелинейные закономерности в данных. В связи с этим попытка раскрытия их потенциала в рамках задачи верификации диктора является перспективным направлением исследований.

Трудность задачи верификации диктора заключается в большом количестве различных факторов, влияющих на речевой сигнал. Эти факторы, такие как фоновый шум, канал связи, эмоциональное состояние и др., создают большую «внутридикторскую» изменчивость (вариативность). «Внутридикторская» изменчивость определяет некоторое распределение параметров речевых произнесений, принадлежащих только одному человеку. Также выделяют «междикторскую» изменчивость, которая характеризует изменение параметров произнесений, полученных от разных людей. Осложняет распознавание то, что зачастую «внутридикторская» вариативность превышает «междикторскую», т.е. признаки, принадлежащие разным дикторам, могут быть более схожи, чем те, которые соответствуют одному человеку.

Рассмотрим классическую схему системы верификации диктора. На рис. 1 показаны ее основные компоненты.

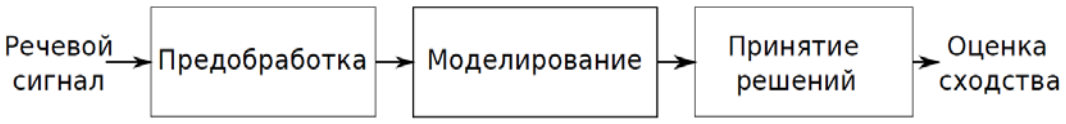


Рис. 1. Типовая структура системы верификации диктора

Блок предобработки включает в себя две основные составляющие: первичная обработка (удаление посторонних звуков, шумоочистка, фильтрация и др.) и детекция речевых участков (именно эти сегменты используются в последующих блоках системы). Также предобработка включает в себя извлечение признаков из речевых участков, обнаруженных детектором речи.

Блок моделирования является совокупностью методов, которые тем или иным образом позволяют построить некоторое представление человеческого голоса – его модель, которая может сравниваться с некоторой другой моделью.

Блок принятия решения системы верификации дает финальный ответ о принадлежности сравниваемых моделей голоса одному человеку или разным.

В настоящей работе машина Больцмана используется одновременно как для моделирования признаков дикторов, так и для принятия решений о степени сходства двух записей.

Предлагаемая здесь модель для верификации диктора представляет собой машину Больцмана третьего порядка. Выбор такой архитектуры обоснован желанием эффективно моделировать совместное распределение двух биометрических образцов. Таким образом, мы имеем вероятностную метрику сходства, которая определяется следующим образом:

$$d(x, y) = -\log p(x, y),$$

где x, y – вектора признаков, каждый из которых соответствует одному произнесению.

Рассмотрим графические модели, соответствующие различным архитектурам машин Больцмана и показанные на рис. 2, каждая из которых решает задачу моделирования взаимодействий между компонентами двух векторов.

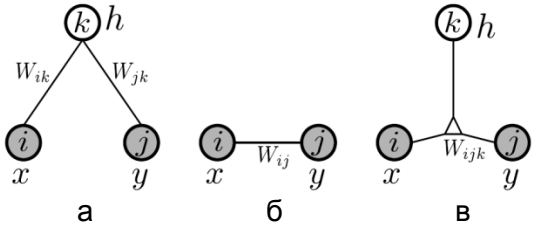


Рис. 2. Различные архитектуры ненаправленных графических моделей для моделирования пар векторов наблюдений: обычная RBM, в которой наблюдаемые переменные независимы при фиксированных скрытых (а); модель, содержащая только наблюдаемые переменные (б); 3-way product-модель, в которой скрытые узлы модулируют связи между парами наблюдаемых узлов (в)

Видно, что модель (рис. 2, а) не может эффективно моделировать статистические связи между парами компонент (корреляции). Это является следствием того, что все узлы видимого слоя условно независимы при фиксированном скрытом, т.е. все компоненты векторов порождаются независимо.

Наиболее простая модель, которая способна эффективно моделировать попарные взаимодействия, это машина Больцмана, показанная на рис. 2, б. Эта модель может моделировать корреляционную структуру между компонентами векторов и, поскольку энергия является квадратичной функцией:

$$E(x, y) = -\sum_{ij} w_{ij} x_i y_j.$$

Однако видно, что распределение, задаваемое таким образом, является обычным гаусовским распределением, а, следовательно, мы имеем слишком простую модель для аппроксимации сложных статистических зависимостей между парами векторов.

Последняя модель явно не включает в себя связи между видимыми узлами, как в предыдущем случае, а использует свою структуру для учета отношений между ними. В этом случае мы имеем 3-way product-модель (рис. 2, в), в которой скрытые узлы модулируют связи между компонентами видимого слоя. В этой модели весовой тензор

Wijk контролирует мультипликативные связи между двумя множествами наблюдаемых и одним множеством скрытых узлов. Энергия совместной конфигурации представлена в следующем уравнении:

$E(x, y, h) = -\sum_{ijk} w_{ijk} x_i y_j h_k$.

3-way product-модель, представленная на рис. 2, в, включает в себя тензор весовых коэффициентов с размерностями, соответствующими размерностям скрытого и видимых слоев. Рассмотрим следующий пример: пусть модель имеет 100 узлов в скрытом слое, а размерность наблюдаемого вектора равна 400. Игнорируя смещения, стандартная RBM имела бы 400·100=40 000 параметров в весовой матрице, связывающей наблюдаемый и скрытый слой. Для модели (а) потребовалось бы в 2 раза больше параметров. В 3-way product-модели мы получаем 400·400·100=16 000 000 настраиваемых параметров, что в 200 раз больше, чем для модели (а)! Такое огромное количество параметров делает модель практически не применимой.

Для решение этой проблемы предлагается использовать один из способов декомпозиции тензоров, который позволяет значительно снизить количество параметров, а именно получить квадратичный рост их количества по размерности входного вектора вместо кубического. На рис. 3 схематично представлены два варианта рассматриваемой модели: с нефакторизованным и факторизованным тензором.

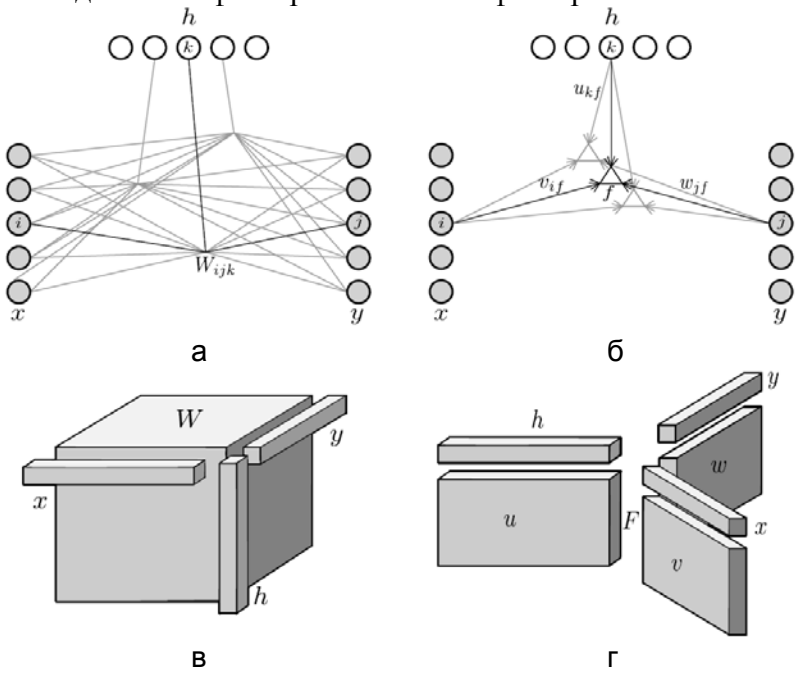


Рис. 3. Два способа определения 3-way-связей: нефакторизованная модель, использующая полный тензор параметров, соответствующих каждой возможной комбинации компонент векторов *x*,*y* и *h* (а, в); модель с факторизованным тензором параметров (б, г)

Обучение модели производится методом максимального правдоподобия. Эксперименты включают в себя сравнение предложенного алгоритма с широко используемым в настоящее время методом – вероятностным линейным дискриминантным анализом (PLDA). Обе системы используют *i*-вектора в качестве признаков.

Во всех экспериментах для обучения моделей использовались базы NIST 2004, 2005, 2006. База NIST SRE 2004 состоит из 10743 телефонных записей, 480 человек (181 мужчины и 299 женщин). NIST SRE 2005 содержит 16537 телефонных записей, 528 человек (220 мужчин и 308 женщин. Записи имеют длину от 10 с до 5 мин. База NIST SRE 2006 состоит из 24637 телефонных записей, полученных от 1088 человек (462 мужчин и 626 женщин). Записи имеют длину от 1 до 5 мин. Тестирование

проходило на выборке, определенной в соревновании NIST 2010 как протокол core-core Det5 (телефонные записи). В ней количество пар записей, для которых личности совпадают равно 352, для которых не совпадают – 13684. Эксперименты проводились только для записей мужских голосов.

Для реализации алгоритмов использовался язык Python и библиотека gnumpy [6], позволяющая использовать графические процессоры (GPU) для распараллеливания вычислений посредством технологии CUDA [7].

Имеет смысл провести сравнение с результатами, полученными с помощью другой модели, тоже основанной на машинах Больцмана [5]. Однако, поскольку нет возможности в точности повторить условия, в которых ставились эксперименты в этой работе, нельзя будет напрямую сравнить производительность этой и предложенной модели. Но зато можно сравнить отношение производительности модели, показанной в этой работе, с классическим PLDA, параллельно с моделью из [5] и PLDA из [4]. Такое сравнение будет корректным, поскольку эксперименты в последних двух работах ставились в одинаковых условиях.

В табл. 1 и 2 показаны результаты экспериментов. В качестве показателя качества работы системы использовалась ошибка равной вероятности (Equal Error Rate, EER), т.е. процент ошибок при значении порога принятия решения, для которого ошибки пропуска цели и ложного принятия равновероятны. В третьем столбце показана относительная деградация (Relative Degradation, RD) производительности первого метода (BM) по сравнению со вторым (PLDA). В табл. 1 показаны результаты экспериментов, поставленных в работах [4, 5], в табл. 2 – результаты собственных экспериментов.

Таблица 1. Результаты экспериментов, поставленных в работах [4, 5]

Модель	EER	RD
BM [5] PLDA [4]	7,1% 3,6%	1,97

Таблица 2. Результаты собственных экспериментов

Модель	EER	RD
BM PLDA	8,16% 5,02%	1,63

Во всех экспериментах PLDA был реализован и настроен стандартным образом, что позволяет сравнивать именно производительность моделей, основанных на машинах Больцмана, путем сопоставления прироста производительности, получаемого PLDA, по сравнению с ними. Эти результаты сравнимы, поскольку модели из каждой пары обучались на одной выборке. Несмотря на то, что снова не удалось превзойти классический PLDA, в табл. 2 наблюдается меньшая относительная деградация, что говорит о превосходстве предложенной модели по сравнению с машиной Больцмана, представленной в работе [5].

Литература

1. Patrick K., Gilles B., Pierre D. Eigenvoice modeling with sparse training data // IEEE Transactions on Speech and Audio Processing. – 2005. – V. 13. – № 3. – P. 345–354.
2. Kenny P., Gilles B., Ouellet P. [и др.] Joint Factor Analysis Versus Eigenchannels in Speaker Recognition // IEEE Transactions on Audio, Speech & Language Processing. – 2007. – V. 15. – № 4. – P. 1435–1447.

3. Dehak N., Kenny P., Dehak R. [и др.] Front-End Factor Analysis for Speaker Verification // IEEE Transactions on Audio, Speech & Language Processing. – 2011. – V. 19. – № 4. – P. 788–798.
4. Kenny P. Bayesian Speaker Verification with Heavy-Tailed Priors // The Speaker and Language Recognition Workshop. IEEE. – 2010.
5. Senoussaoui M. Dehak N. Kenny-P. Dehak R., Dumouchel P. First Attempt at Boltzmann Machines fo Speaker Recognition. – 2012.
6. Tieleman T. Gnumpy: an easy way to use GPU boards in Python Code Example. – 2010.
7. NVIDIA CUDA Compute Unified Device Architecture – Programming Guide. – 2007

Юдченко Даниил Александрович
Год рождения: 1989
Инженерно-физический факультет, кафедра информационных технологий топливно-энергетического комплекса,
группа № 6203
Направление подготовки: 223200 – Информационные технологии ТЭК
email: Impa.korso@gmail.com

УДК 532.137.3

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ЭТАЛОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОВЕРКИ ПОТОЧНЫХ ВИСКОЗИМЕТРОВ

Д.А. Юдченко
Научный руководитель – к.т.н., доцент О.В. Клим

В настоящее время одной из первоочередных задач метрологического обеспечения нефтяной отрасли промышленности является разработка методов поверки поточных преобразователей количества и качества нефти на месте их эксплуатации. Методы поверки и калибровки, предусматривающие демонтаж преобразователей из трубопровода и доставку в испытательные лаборатории к специализированным стендам, в подавляющем большинстве значительно дороже, по причине дополнительных затрат на вывоз и обратную доставку, а также необходимость иметь в наличии резервный преобразователь для обеспечения измерения параметра на время демонтажа основного. Для поточных преобразователей расхода данная проблема решается еще на стадии проектировки комплектованием систем измерения количества и качества нефти (СИКН) стационарным эталонным оборудованием в виде трубопоршневых установок или компакт-пруверов, позволяющих проводить поверку и калибровку непосредственно на рабочей среде без демонтажа преобразователей и остановки процесса. Для метрологического обеспечения поточных плотномеров нефти применяются переносные пикнометрические установки – рабочие эталоны 1-го разряда, также позволяющие проводить поверку и калибровку (в одной точке измерений) без демонтажа плотномера из линии и остановки процесса измерений.

Мобильная поверочная установка (МПУ) позволяет непосредственно на месте эксплуатации решать требуемую задачу проверки метрологической точности поточных преобразователей вязкости.

На данном этапе уже существуют установки, для поверки и калибровки преобразователей вязкости, но в большинстве случаев это крупногабаритное, стационарное и очень дорогое оборудование. Поверяемое оборудование необходимо демонтировать. А жидкость для поверки, должна использоваться либо эталонная –

Государственные стандартные образцы (ГСО), либо, собираться оператором с установки, и доставляться до места поверки.

В лаборатории Омского РНУ ОАО «Транссибнефть», а также в Татарстане и Краснодарском крае используются установки с шариковым вискозиметром японского производства в качестве эталонного средства измерений (СИ).

В абсолютном большинстве в качестве поточных вискозиметров нефти применяются вибрационные вискозиметры камертонного/вибрационного типа, измеряющие динамическую вязкость. Поэтому в качестве эталонного прибора в составе МПУ для поверки/калибровки вибрационных вискозиметров, было решено выбрать вискозиметр аналогичного принципа действия.

Для выбора вискозиметра «Мастера» было рассмотрено семь предлагаемых преобразователей вязкости компаний: «Hydramotion», «Emerson Electric», «Galvanic Applied Sciences», «Marimex», «Sofraser», «Brookfield» и «Anton Paar». Был проведен технико-аналитический обзор, на кандидата вискозиметра «Мастера». Было выбрано два преобразователя вязкости: «Solartron 7829» –компании «Emerson Electric» и «XL7» – компании «Hydramotion».

В ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» были исследованы шесть преобразователей вязкости модели «Solartron 7829» – заявленные производителем характеристики при относительной погрешности 0,5% (приведенной к верхней границе диапазона измерений 100 мПа·с), приборы смогли подтвердить только после проведения перекалибровки в условиях лаборатории. Чтобы выяснить насколько будут стабильны метрологические характеристики этих приборов в условиях их эксплуатации в качестве эталонных вискозиметров, в составе поверочных установок, необходимо было проведение дополнительных исследований.

Для проведения исследований была взята новая модификация поточного вискозиметра «XL7», производства фирмы «Hydramotion» (Великобритания). Производителем была заявлена сходимость результатов измерений вязкости на уровне 0,1% (уровень точности при воспроизведении единицы вязкости на ГЭТ17).

В соответствии с программой испытаний были поставлены три основные задачи:

1. определить отклонение показаний вискозиметров от действительных значений вязкостей жидкости при нормальных условиях;
2. исследовать влияние диаметра применяемого цилиндра с жидкостью на показания вискозиметров (граничные эффекты);
3. исследовать реакцию вискозиметров на наличие пузырьков свободного газа в жидкости.

Для испытаний вискозиметров применялся циркуляционный жидкостный термостат. Перед каждым испытанием каждый преобразователь вязкости термостатировался в течение 4–6 ч. В качестве рабочих жидкостей применялись ньютоновские жидкости (минеральные масла). В качестве действительных значений вязкости жидкостей использовались результаты измерений, полученные с применением стеклянных капиллярных вискозиметров рабочих эталонов 1-го разряда и лабораторного плотномера ВИП-2МР (абсолютная погрешность ±0,1 кг/м^3, или относительная δ=0,013%).

Преобразователи вязкости «Solartron 7829», используемые в испытаниях являлись рабочими СИ прибывшими в ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» на поверку и предварительно не калибровались, больший упор в испытаниях был сделан не на фактическое отклонение показаний от действительных значений, а на сравнение реакции преобразователей «Solartron 7829» и «XL7».

Таблица 1. Испытание вискозиметров на влияние диаметра цилиндра с жидкостью

№	Модель вискозиметра	Температура среды *t*, °С	Диаметр цилиндра *d*, мм	Действительное значение вязкости жидкости η, мПа·с	Показания вискозиметра η, мПа·с	Относительная погрешность δ, %
11	Hydramotion XL7	20,01	150	40,89	40,98	0,22
			82		40,94	0,12
22	Solartron 7829 (№1)		150		37,61	8,02
			82		35,92	12,18

Следующий этап исследований, в жидкость, с помощью компрессора подавался атмосферный воздух. Рассеиватель располагался под чувствительным элементом преобразователей с таким расчетом, чтобы поднимающиеся к поверхности жидкости пузырьки воздуха проходили в активной зоне сенсоров вискозиметров. Использовались три режима испытаний:

1. «бомбардировка» – воздух подавался непрерывно с одинаковым расходом;
2. «ламинарный» режим – подача воздуха отключалась. В течение «ламинарного» режима пузырьки воздуха, самостоятельно выходили из жидкости;
3. осевшие на поверхностях чувствительных элементов пузырьки воздуха удалялись путем наклона и встряхивания вискозиметров, без извлечения сенсоров из жидкости.

Результаты испытаний преобразователей «Solartron 7829» и «XL7» представлены на графике рис. 1.

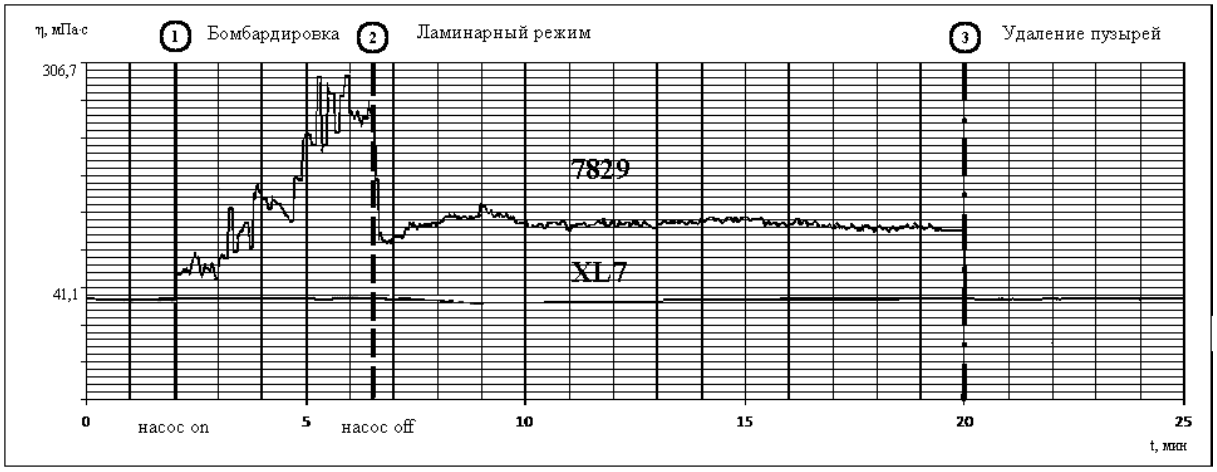


Рис. 1. Результаты испытаний преобразователей «Solartron 7829» и «XL7» в жидкости №1

Реакция преобразователя «XL7» на наличие воздушных пузырей в активной зоне чувствительного элемента довольно стабильна. Показания вязкости «XL7» постепенно снижаются с начального значения 41,10 до 39,43 мПа·с (из масштаба это почти не заметно). Можно сделать вывод, что действительное значение вязкости жидкости также снижается в этих пределах. Когда происходит насыщение (количество подаваемого компрессором и выходящего из жидкости через поверхность воздуха выравнивается). Вязкости в результате «бомбардировки» снизились не более чем на 1,1%.

После прекращения подачи воздуха и перехода в «ламинарный» режим значения «XL7» начали закономерно расти вследствие постепенного выхода пузырьков из активной зоны чувствительного элемента, и постепенно стабилизировались на значении вязкости, приблизительно на 1% меньшем, чем до начала испытаний так, как

некоторые пузырьки все же осели на нижней поверхности диска чувствительного элемента.

Из верхнего графика видно, что реакция преобразователя «Solartron 7829» на режим «бомбардировка» в аналогичных условиях испытаний совершенно обратна. С момента начала эксперимента начальные показания вязкости преобразователя (38 мПа·с) начали скачкообразно расти и к концу превысили начальное значение более чем в 8 раз (306 мПа·с). После прекращения подачи воздуха показания вязкости резко упали, но не опустились до начального значения (38 мПа·с), а стали колебаться около значения ~150 мПа·с, что примерно в четыре раза выше начального значения вязкости. Это связано с обильным оседанием пузырей на поверхности камертона сенсора. Только после того, как пузырьки были удалены с поверхности камертона сенсора наклоном и встряхиванием вискозиметра показания вернулись к начальному значению вязкости ~ 38 мПа·с.

Для подтверждения результатов были использованы другие три преобразователя вязкости модели «Solartron 7829» и минеральные масла различной вязкости. Результаты испытаний повторились.

В результате проведенных сравнительных испытаний был сделан вывод, что поточный преобразователь вязкости крутильного принципа действия, ввиду меньшего радиуса активной зоны, значительно менее подвержен влиянию, как расстояния до стенок трубопровода (цилиндра), так и наличия пузырьков свободного газа в жидкости в отличие от вибрационного преобразователя вязкости с чувствительным элементом в виде камертона.

Вискозиметр «XL7» – компании Hydramotion, является метрологически точным и надежным оборудованием. На его основе реализуем эскизную модель мобильной поверочной установки, удовлетворяющую следующим параметрам:

- мобильность, надежность, простота в эксплуатации, доступность;
- возможность поверки, без демонтажа СИ;
- метрологическая точность и воспроизводимость;
- максимальная степень автоматизации;
- возможность обработки данных;
- возможность работы с различными продуктами, обладающими разными свойствами;
- возможность регулировки технологических свойств, контроль температуры, давления;
- минимальное время перехода в установившийся режим;
- устойчивость к коррозии и к механическим компонентам в среде.

Соблюдение всех перечисленных параметров, усложняет конструкцию и увеличивает экономические затраты на создание МПУ. Поэтому для удовлетворения всех требований потребителя, было разработано несколько макетов МПУ: «экономичный», «средней» и «универсальной».

На рис. 2 представлена трубно-электрическая схема «универсальной» модели.

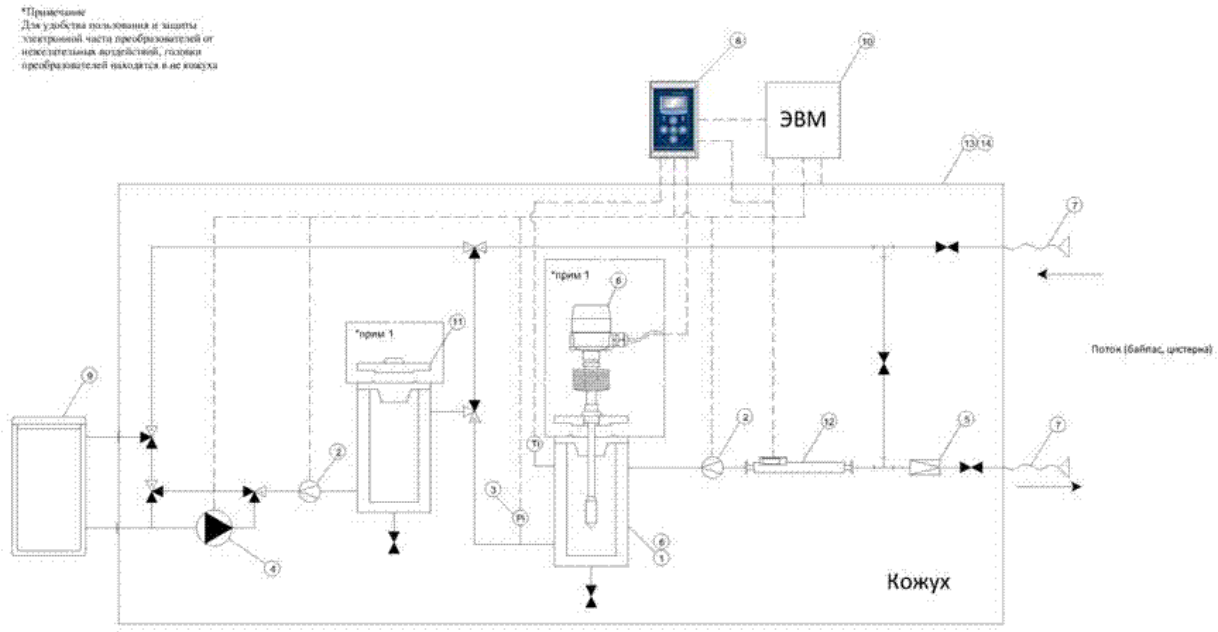


Рис. 2. Трубно-электрическая схема «универсальной» модели: 1 – колба (нерж. сталь, термоизолированная); 2 – расходомер; 3 – манометр; 4 – насос; 5 – клапан редукционный; 6 – вискозиметр «XL7»; 7 – быстросъемное соединение; 8 – преобразователь VP550; 9 – промывочный баллон; 10 – ЭВМ (консоль, преобразователь и устройство передачи и хранения данных); 11 – поверочная колба; 12 – преобразователь плотности; 13 – кожух; 14 – термостат кожуха

Установка располагаться на небольшом прицепе в изолированном кожухе с обогревом и термоизоляцией, толщина стенки 100 мм. Второй блок будет содержать в себе всю электронную начинку, и обеспечивать защиту электрической части от неблагоприятных погодных условий. Внешний вид будет представлять один моноблок без дышла примерно (1×1,5 м) состоящий из двух кожухов. Установка будет транспортироваться до места эксплуатации, цепляясь к машине, либо вручную. Компоновка оборудования позволяет работать ему автономно. Имеется возможность передачи данных на пульт оператору либо запись данных и их сравнение с поверяемым преобразователем. Моноблок термоизолирован, во избежание перегрева, вся электроника заизолирована и выведена наружу, дополнительно имеет защиту от неблагоприятных погодных условий.

Данная модель способно работать в двух основных режимах.

1. Контроль преобразователей вязкости на потоке, без извлечения преобразователя. Жидкость циркулирует по малому контуру, поверочный цилиндр в процессе не участвует. Условия реализуемы, при наличии системы ввода/вывода продукта.
2. Контроль преобразователя вязкости с использованием поверочной колбы. В случае если поверяемый вискозиметр необходимо поверить, и на данном этапе нет возможности подключиться к потоку (цистерне, бойлеру), так как МПУ является мобильной, установка может располагаться в непосредственной близости. Поточный преобразователь вязкости изымают и помещают в поверочную ячейку. В качестве рабочей среды используют либо исходный продукт, либо жидкость имитатор. Рабочая среда с помощью насоса приводиться в движение и циркулирует по большому контуру. Расход регулируется. Краны на входе перекрыты. Замкнутая система позволяет реализовать технологические условия: давление, поток, температуру. Также можно протестировать преобразователь вязкости на перепады температур. Все данные отображаются и регистрируются на консоли, которая представляет собой взрывозащищенный компьютер.

Помимо поверки преобразователей вязкости, по необходимости, МПУ может осуществлять контроль вязкости взамен отсутствующего преобразователя.

Появление на современном рынке данного устройства необходимо. Оно решает первоочередную задачу: метрологическое обеспечение нефтяной отрасли. Поверка оборудования на месте его эксплуатации в разы сократит расходы, связанные с его поверкой и калибровкой. Исчезнет необходимость демонтажа преобразователя.

Эталонная мобильная поверочная установка является в своем роде уникальным технических средством контроля поточных преобразователей вязкости. Существующие поверочные установки являются стационарными, крупногабаритными и зачастую более дорогостоящими. Первая модель данного преобразователя предложена зимой 2013 года ОАО «Транснефть» в качестве мобильной поверочной установки на установку регенерации и осветления минеральных масел.

Следующим этапом внедрения данного оборудования, это формулировка мероприятий необходимых для контроля качества поверяемого оборудования.

С появлением МПУ необходимо будет сформулировать свод правил и методик, которые будут соблюдаться повсеместно на предприятиях. Их основной целью является:

- снижение затрат на доставку и поверку оборудования в лабораториях, за счет использования МПУ;
- увеличение долговечности работающих преобразователей, за счет постоянного контроля МПУ;
- создание методики аттестации самой МПУ.

Литература

1. Домостроев А.В., Демьянов А.А., Клим О.В., Юдченко Д.А. Сравнительные исследования поточных вибрационных вискозиметров нефти // Измерительная техника. – 2013. – № 3. – С. 62–66.

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

Александров Евгений Викторович
Год рождения: 1990
Естественнонаучный факультет, кафедра высшей математики, группа № 6742
Направление подготовки: 010400 – Математическое моделирование
e-mail: aloraman@live.com

УДК 004.925.8, 519.711.2, 519.876.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМЫ СОСУЛЬКИ

Е.В. Александров
Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор В.М. Уздин

В работе рассматривается метод геометрического моделирования формы сосульки, являющийся модификацией рассмотренного в выпускной квалификационной работе бакалавра процесса моделирования роста сосульки, с расчетом на использование в компьютерной графике. На данный момент не существует точных аналитических моделей для описания процесса развития сосульки, так как этот процесс является сложной комбинацией процессов фазовых переходов, теплопередачи и движения по поверхности переменной формы. Существующие математические модели, ориентированные на оценивание каких-либо параметров, достоверны только для частных случаев и не обладают достаточной детализацией для использования в компьютерной графике. Исходя из этого, в работе используется подход физически-ориентированного моделирования: процесс построения формы сосульки заключается в получении детализированной геометрической модели на основе модифицированного полуэмпирического алгоритма Зилдера–Лозовского [1].

Исходная модель Зилдера–Лозовского является вариантом обобщенного алгоритма DLA (diffusion-limited aggregation), соответствующему росту, ограниченному диффузией, т.е. при недостатке воды, на трехмерный случай [2]. Она была модифицирована в бакалаврской работе для промежуточной ситуации между ростом, ограниченным диффузией, и ростом, ограниченным кинетикой (когда рост зависит в целом от скорости замораживания воды). Сосулька была представлена обобщенным клеточным автоматом, множество ячеек данного автомата – трехмерная регулярная кубическая решетка (далее – сосуд). Каждая ячейка автомата находилась в одном из трех возможных состояний: пусто, вода, лед. Процесс роста сосульки моделировался итерационным процессом, итоговая форма сосульки получалась выделением самого крупного связного кластера ледяных ячеек после цикла итераций. Кадр итерации состоял из четырех фаз: блуждание ячеек, замораживание ячеек, добавление воды в сосуд, удаление лишней воды. При сохранении общей структуры процесса, блуждание одиночных капель воды по сухой поверхности сосульки было заменено на полное смачивание слоем воды. Для рассмотрения случая развития данной системы при покрытии лишь тонким слоем воды было введено ограничение на толщину покрывающего слоя воды, определяемое параметром *SP* – максимальное значение дистанции до ближайшей ледяной ячейки, дистанция определялась расстоянием Чебышева. В ходе фазы удаления воды происходил перевод всех удалившихся водяных ячеек в пустое состояние. Считалось, что эта вода скапывается с поверхности сосульки, откуда и происходит название параметра *SP* – параметр скапывания (shedding parameter). В ходе фазы блуждания каждая водяная ячейка могла сместиться в одну из

ближайших ячеек, равновероятно вверх или в сторону, или же с большей вероятностью – вниз. Соотношение между этими вероятностями определялось параметром *MP* – параметр движения (motion parameter). Соответствующие вероятности переходов:

$$p_{u/h} = \frac{1}{MP+5}, \quad p_d = \frac{MP}{MP+5}.$$

В ходе фазы добавления воды на самом верхнем горизонтальном слое происходил перевод части пустых ячеек на границе основного тела в водяное состояние. Также часть воды напылялась на поверхность сосульки снизу. В ходе фазы замораживания каждая водяная ячейка могла перейти в ледяное состояние с вероятностью *FP* – вероятность замораживания (freezing probability). Замерзшая ячейка могла переместиться на расстояние, ограниченное значением параметра *FR* – предел замораживания (freezing range). Данная ячейка перемещалась в место с максимальным числом ледяных соседей. В качестве начального состояния брался пустой сосуд с единственной ледяной ячейкой в центре верхнего горизонтального слоя. Запускался итерационный процесс роста на определенное количество кадров. По окончании процесса удалялись все водяные ячейки, и выделялся связный кластер ледяных ячеек, содержащий стартовую ячейку, который и является телом сосульки. На рис. 1 приведены слева направо следующие графические результаты: модель вращения, построенная по профилю сосульки (с преломлением изображения вспомогательной сферы); ортогональная проекция содержимого сосуда при итерационном процессе; тело сосульки, получаемое после работы алгоритма, в проекции перспективы. На ортогональной проекции можно заметить одну из проблем исходной модели – преждевременное срезание. У кончика сосульки образуются ледяные зародыши, которые присоединяются к основному телу сосульки не сразу.

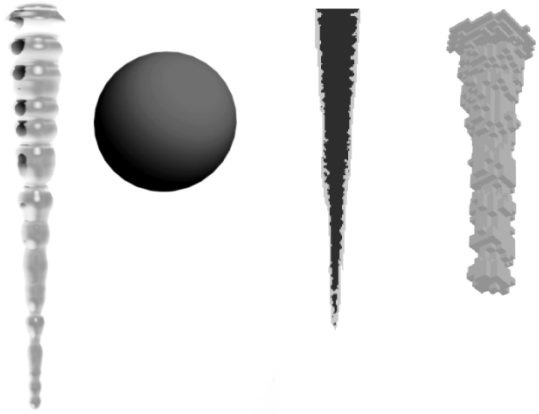


Рис. 1. Результативность исходной работы

Эффект преждевременного срезания появлялся из-за наличия в модели нестабильности Плато–Релея [3], проявляющейся при замораживании. Кроме срезания, нестабильность привносила эффект волнообразования, наблюдающегося на настоящих сосульках. Кроме срезания в модели наблюдалось также отсутствие ограничений размеров сосульки, при продолжении итерационного процесса она могла расти бесконечно долго.

В настоящей работе рассматривается модификация исходного метода, созданная с учетом наблюдаемых проблем и рассчитанная на широкое использование методов параллелизации вычислений. Для учета процессов роста ледяных образований с помощью процессов нуклеации зародышей в толще водяного покрытия [4] и гомоэпитаксиального роста ледяного тела с изменением формы интерфейса [3] введены дополнительные состояния в клеточный автомат. На рис. 2 схематично изображены используемые состояния.

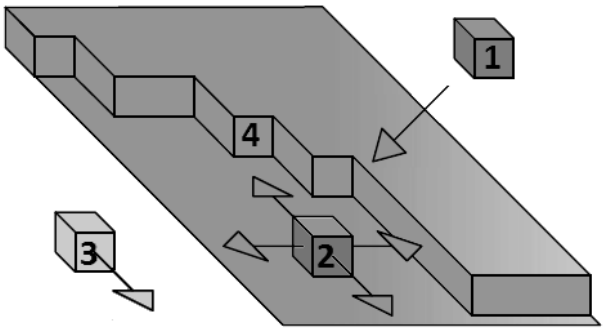


Рис. 2. Состояния клеточного автомата: 1 – свободный лед; 2 – поверхностный лед; 3 – вода; 4 – лед основного тела

Для водяных ячеек выведен из рассмотрения процесс блуждания и применено тривиальное согласованное движение под действием гравитации вдоль поверхности сосульки. Процесс замораживания значительно усложнен. Вместо моментального перехода в состояние льда основного тела водяные ячейки под действием параметра *FP* переходят в состояние свободного льда. К свободному льду применяется блуждание, в ходе которого он может присоединиться к поверхности основного тела и перейти в состояние поверхностного льда. Поверхностный лед может блуждать вдоль поверхности основного тела и присоединиться к нему, зафиксировавшись, или же покинуть поверхность. Кроме того, поверхностный лед может окончательно замерзнуть под действием параметра *JP* (joining probability – вероятность присоединения), а свободный лед окончательно замерзнуть под действием параметра *FP* и перевести часть своих соседей в состояние поверхностного льда под действием параметра *CP* (capture probability – вероятность захвата). Замерзшие положения рассматриваются на дистанции *FR* (евклидово расстояние), окончательное положение выбирается с вероятностью, пропорциональной количеству соседей в состоянии основного льда. Вода добавляется только у основания и удаляется тем же образом, что и в исходной модели. На рис. 3 приведены примеры форм получающихся сосулек при различных параметрах модели.

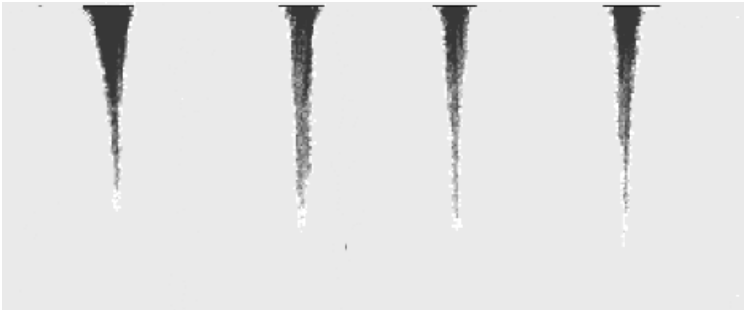


Рис. 3. Результаты моделирования

Для высокой скорости работы информация о состоянии ячейки автомата хранится в структуре, размеченной над простым однобайтовым полем. Рабочее пространство представлено трехмерным массивом в памяти. Каждая фаза итерации применяется ко всем ячейкам с использованием параллелизуемых циклов, разделение применяется по старшим координатам массива для минимизации блокировок частей массива в пределах процессорных кэш-линий первого уровня. Направления обходов выбираются в каждый кадр итерации случайным образом для минимизации анизотропии, возникающей из-за фиксированных направлений обхода.

Полученная модель формы сосульки обладает высокой визуальной достоверностью и богатой детализацией поверхности, что позволяет использовать ее

для нужд геометрического моделирования в компьютерной графике. В отличие от бакалаврской работы не наблюдается эффекта преждевременного срезания, получаемая высота сосульки является ограниченной, ускорение процесса замораживания изменением параметров приводит к росту получаемой сосульки вширь, а не вдоль. В дальнейшем возможно улучшение поведения модели с помощью более тщательного анализа процесса роста интерфейса вода-лед, рассмотрения различных граничных проблем в приближении Косселя–Странски [3] и привнесение в модель теплообмена, с рассмотрением приближенного решения возникающей задачи Стефана.

Литература

1. Szilder K., Lozowski E.P. Simulation of icicle growth using three-dimensional random walk model // Atmospheric Research. –1995. –№ 36. – С. 243–249.
2. Saito Y. Statistical physics of crystal growth. –Singapore –World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 1996. – 548 с.
3. Jackson K.A. Kinetic Processes: Crystal Growth, Diffusion and Phase Transition in Materials. –Weinheim – WILEY-VCH Verlag GmbH& Co. KGaA, 2004. – 423 с.
4. Water Structure and Science [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.lsbu.ac.uk/water/, своб.

Бережной Иван Олегович
Год рождения: 1990
Естественнонаучный факультет, кафедра высшей математики, группа № 6743
Направление подготовки: 010400 – Математическое моделирование
e-mail: idvarh@gmail.com

УДК 517.5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТЫ ОСНОВНОГО ТОНА ОДНОГОЛОСОГО МУЗЫКАЛЬНОГО СИГНАЛА

И.О. Бережной
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент И.С. Лобанов

Работа посвящена построению метода нахождения частоты основного тона гармонического сигнала с аддитивным шумом. Так как звук, издаваемый струнными и духовыми инструментами, можно приближенно считать гармоническим, то данный метод находит применение при построении системы преобразования одноголосого музыкального сигнала в нотную запись.

Музыкальная композиция состоит из набора нот, которые играются в определенные моменты времени определенными инструментами. Нота является основной единицей музыкального произведения. Нота указывает высоту играемого звука и его длительность. Высота упрощенно может быть охарактеризована частотой основной гармоники. Высоты могут принимать лишь определенный дискретный набор значений, который определяется звуковой системой. Часто полагают, что частота f основного тона выражается через номер k клавиши пианино по формуле (1), и номер клавиши через частоту по формуле (2):

$$f = 440 \times 2^{\frac{k-69}{12}}, \quad (1)$$

$$k = 12 \log_2 \frac{f}{440} + 69, \quad (2)$$

где 69 – нота для четвертой октавы, имеет частоту 440 Гц.

Всякий сигнал можно однозначно разложить в сумму гармоник с помощью преобразования Фурье. Ясно, что про спектр можно говорить лишь применительно к какому-то моменту времени, точнее к достаточно короткому интервалу, называемому кадром. Продолжительность этого интервала должна быть равна длине волны самой низкой слышимой частоты, т.е. 0,05 с, так как средний человек воспринимает как звук сигнал с частотой от 20 Гц до 20 кГц. Таким образом звуковой сигнал необходимо преобразовать в частотный вид. Такое преобразование можно сделать различными методами, например преобразованием Фурье или оконным преобразованием Фурье.

Колебания струны музыкального инструмента – это сумма простых гармоник с частотами, кратными некоторой частоте ω. Простая гармоника с частотой ω, амплитудой A и фазой φ имеет вид $A\cos(\omega t + \varphi)$ [3, 4].

Тогда в наших предположениях, что сигнал является гармоническим, модель стационарного музыкального сигнала выглядит следующим образом: $W(t) = \sum_{n=1}^{\infty} A'_n \cos(\omega n t + \varphi_n)$, где ω – частота основного тона; A'_n – амплитуда гармоники (причем $A'_1 \neq 0$); φ_n – фаза. В математической постановке задачи φ_n необходимо учитывать, однако на звучание φ_n значения не влияют. В данной модели считаем, что A'_n, φ_n, ω являются вещественными числами.

Как правило, музыкальные сигналы являются нестационарными. Мы предполагаем, что музыкальный сигнал можно считать стационарным лишь на небольшом временном промежутке (кадре). Исходя из этого анализ параметров сигнала осуществляется на сегментах определенной длины (фреймах).

Перепишем модель исходного сигнала, учитывая различные значения параметров сигнала на различных кадрах, $W(t) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n^k \cos(\omega^k n t + \varphi_n^k)$, где $t \in [t_k, t_k + \delta t]$; ω^k – частота основного тона на k-кадре; A_n^k – амплитуда гармоники на k-кадре; φ_n^k – фаза на k-кадре, и мы считаем, что $A_n^k, \varphi_n^k, \omega^k$ не зависимы друг от друга на разных кадрах, поэтому в дальнейшем будем k будем опускать, если это не приведет к неоднозначности.

Запишем функционал качества

$$E = \sum_k \left\| W^k - W \right\| \quad (3)$$

и будем минимизировать его по A'_n, ω, ϕ_n. Норма $\| W^k \|$ представляет собой энергию сигнала W на k-кадре. Для дискретизованного сигнала норма имеет следующий вид.

$$\| W^k \| = \sqrt{\sum_t |W(t)|^2}, \quad (4)$$

где $t \in [t_k, t_k + \delta t]$ с шагом, соответствующим частоте дискретизации.

Для простоты дальнейшего анализа откажемся от условия $A'_1 \neq 0$, так как в реальной ситуации амплитуды всех гармоник отличны от 0 из-за влияния белого шума.

Для упрощения решения дальнейшей задачи минимизации перепишем исходную модель в виде

$$W(t) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos(\omega nt) + B_n \sin(\omega nt), \quad (5)$$

$$A_n = A'_n \cos\varphi_n, \quad (6)$$

$$B_n = A'_n \sin\varphi_n, \quad (7)$$

что позволяет нам избавиться от нелинейности по φ_n, перейдя к линейным параметрам A_n, B_n.

Минимум функционала (3) может достигаться как на истинном значении периода основного тона, так и на периодах, кратных к нему, отсюда возникает так называемая ошибка октав, когда полученная частота ноты в несколько раз отличается от правильной.

Для решения данной проблемы можно модифицировать минимизационную задачу, введя поправочный коэффициент $E = \frac{\|W - W(t)\|}{A'_1}$. Определим оптимальную длину кадра. Как видно из рис. 1 невязки уменьшаются с уменьшением длины кадра. Но как было уже сказано ранее, дальнейшее уменьшение длины кадра не имеет смысла, так как на данном кадре не уложится даже один период волны с частотой в 20 Гц. А сигнал с частотами ниже чем в 20 Гц уже не распознается человеком как звук. В связи с этим в дальнейших исследованиях использовалась длина кадра, равная 0,05 с.

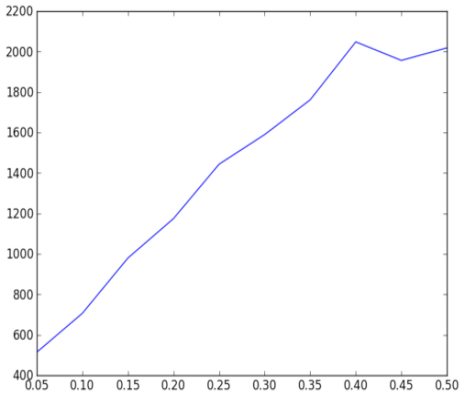


Рис. 1. Зависимость невязки функционала $W(t)$ от размера кадра

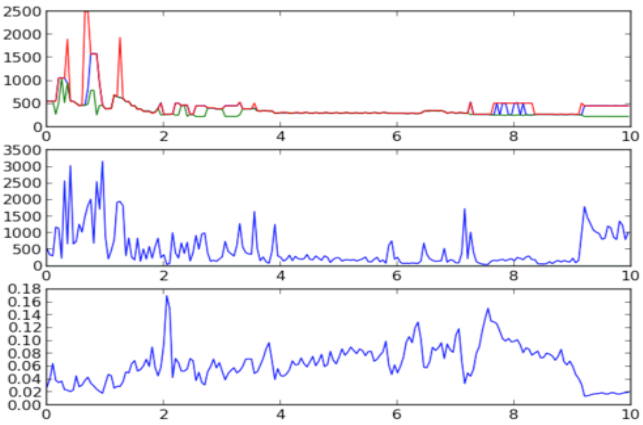


Рис. 2. Частоты основного тона для одноголосого музыкального сигнала скрипки. На верхней части рисунка изображена частота основного тона, модифицированным методом (синяя линия), немодифицированным (зеленая) и полученная методом оконного преобразования Фурье (красная). На средней части рисунка изображены соответствующие невязки для модифицированного и немодифицированного методов. На нижней части рисунка изображена громкость исходного сигнала

Итак, был проанализирован одноголосый музыкальный сигнал скрипки (рис. 2). В работе была исследована модель гармонического музыкального сигнала. Найдено явное решение задачи квадратичной оптимизации. Предложено усовершенствование задачи оптимизации, позволяющее уменьшить вероятность ошибки кратных частот. Реализован алгоритм вычленения основного тона из записи исходного музыкального сигнала на языке Python в котором присутствуют следующие части:

- решение задачи квадратичной минимизации;
- вычисление невязок с исходным сигналом;
- построение графиков.

Проведены испытания разработанного программного комплекса. Показано более точное определение основного тона по сравнению с оконным преобразованием Фурье и немодифицированной моделью гармонического сигнала.

Литература

1. Gyde N. The Violin’s Sound: A Mathematical Exploration Employing Principles of Continuum Mechanics and Numerical Methods: thesis Master of Arts. – Oregon, 2003. – 75 с.
2. Keiler F., Karadogan C., Zolzer U., Schneider A. Analysis of tansient musical sounds by auto-regressive modeling //Proc. of the 6th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx-03). – London, UK. – 2003.
3. Королева А.А. Распознавание и отслеживание параметров музыкального сигнала: диплом. – СПб, 2010. – 18 с.
4. Сергей И.Д. Получение нотной записи одноголосного музыкального сигнала: диплом. – СПб, 2008. – 39 с.
5. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – 3-е изд. – СПб: БХВ-Петербург, 2011. – 768 с.

Гришина Наталья Юрьевна
Год рождения: 1989
Факультет оптико-информационных систем и технологий, кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа № 6303
Направление подготовки: 200400 – Оптические приборы
e-mail: nataly-g@bk.ru

УДК 535.317

РАСЧЕТ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБЪЕКТИВА ИНДИКАЦИИ ИНФОРМАЦИИ

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

Работа выполнена в рамках НИР № 411392 «Виртуальные дисплеи микропроекторных систем на плоских оптических световодных элементах».

Современные устройства индикации или, как их иначе называют, виртуальные дисплеи, позволяют оператору считывать необходимые данные с одного полупрозрачного экрана. Такой способ индикации имеет ряд существенных преимуществ. Во-первых, вся необходимая информация расположена в одном месте, что позволяет не отвлекаться на многочисленные шкалы и датчики. Во-вторых, благодаря тому, что полупрозрачный экран не препятствует обзору, оператор одновременно наблюдает картину окружающего пространства и накладываемое на нее изображение индицируемой информации.

До сих пор системы подобного рода применялись в основном на борту военных самолетов и вертолетов. Их использование в условиях выполнения сложных маневров, при посадке или ведении воздушного боя, значительно увеличивает шансы на успешное окончание операции, при этом снижая нагрузку на пилота. Вместе с тем, все чаще говорится о возможности применения подобных технологий в самых разных областях деятельности человека. Сразу несколько крупнейших компаний анонсировали выпуск индивидуальных очков виртуальной реальности, которые работают как беспроводная гарнитура. Очевидно, что в будущем виртуальные дисплеи найдут широкое применение везде, где возникает необходимость увеличить плотность информации. Таким образом, разработки в этой области на сегодняшний день представляются очень актуальными.

В общем случае виртуальные дисплеи строятся по единому принципу. Изображение с источника, управляемого генератором символов, проецируется коллиматорным объективом на комбинер. Последний представляет собой полупрозрачный экран, основной функцией которого является совмещение спроецированного объективом изображения и картины окружающего пространства.

Цель работы заключалась в разработке и расчете оптической системы коллиматорного объектива индикации информации.

Объектив рассматривался в обратном ходе лучей, в виде двухкомпонентной схемы с вынесенным входным зрачком. Расчеты проводились в единицах фокуса. На рис. 1 представлена принципиальная оптическая схема объектива, состоящего из двух бесконечно тонких компонентов. Чтобы обеспечить правильную работу LCoS –

микродисплея, выступающего в роли источника изображения, в пространстве изображений (в обратном ходе) должен сохраняться телецентрический ход главных лучей. Для этого входной зрачок помещается в передней фокальной плоскости системы.

Чаще всего при расчете объективов индикации информации ставится задача обеспечить значительное удаление входного зрачка, при этом сохранив небольшие габаритные размеры. По этой причине в качестве начальных параметров приняты вынос входного зрачка (a_{p1}) и общая длина системы (L).

Разработанный в результате работы метод габаритного расчета объектива индикации информации позволяет, зная начальные параметры, определить оптические характеристики отдельных компонентов оптической схемы и их взаимное расположение.

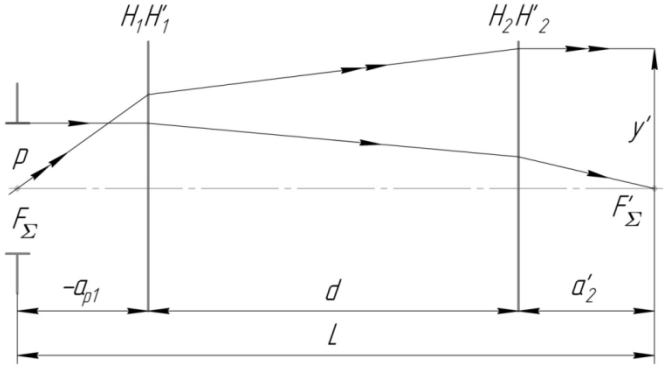


Рис. 1. Принципиальная оптическая схема: a_{p1} – удаление плоскости входного зрачка от совмещенных главных плоскостей первого компонента; a'_2 – расстояние до плоскости изображения от совмещенных главных плоскостей второго компонента; d – расстояние между совмещенными главными плоскостями компонентов; L – общая длина системы (расстояние от плоскости входного зрачка до плоскости изображения)

Благодаря выведенным в работе зависимостям, зная величину удаления входного зрачка от совмещенных главных плоскостей первого компонента (a_{p1}) и общую длину системы (L), можно определить фокуса обоих компонентов $(f'_1$ и $f'_2)$, расстояние между ними (d) и положение плоскости изображения (a'_2):

$$\left.\begin{aligned} f'_1 &= \frac{(a_{p1}+1)^2}{(2-L)} - a_{p1}\,; \\ f'_2 &= 1 + a_{p1}\cdot\frac{(L-2)}{(a_{p1}+1)^2}\,; \\ d &= (a_{p1}+1) + a_{p1}\cdot\frac{(L-2)}{(a_{p1}+1)}\,; \\ a'_2 &= 1 + \frac{(L-2)}{(a_{p1}+1)}\,. \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Данные зависимости имеют ряд ограничений. Для удобства они объединены в одну систему:

$$\begin{cases} L \neq 2, \\ a_{p1} \neq -1, \\ L \neq \frac{a_{p1}^2-1}{a_{p1}} \left(a_{p1} \neq \frac{-L\pm\sqrt{L^2-4}}{2} \right). \\ L \neq 1 - a_{p1}\,(a_{p1} = 1 - L) \end{cases} \quad (2)$$

Опираясь на ограничения (2) выделены два типа систем: «короткая», общей длиной меньше двух фокусов объектива ($f'_\Sigma < L < 2f'_\Sigma$), и «длинная», общей длиной больше двух фокусов объектива ($L > 2f'_\Sigma$). В ходе исследования для обоих типов

систем рассмотрены графики зависимостей характеристик от величины удаления входного зрачка (a_{p1}).

Графики зависимостей, представленные на рис. 2, позволяют наглядно проанализировать, как будет, меняется система при изменении длины (L) и при удалении плоскости входного зрачка (a_{p1}) от совмещенных главных плоскостей первого компонента.

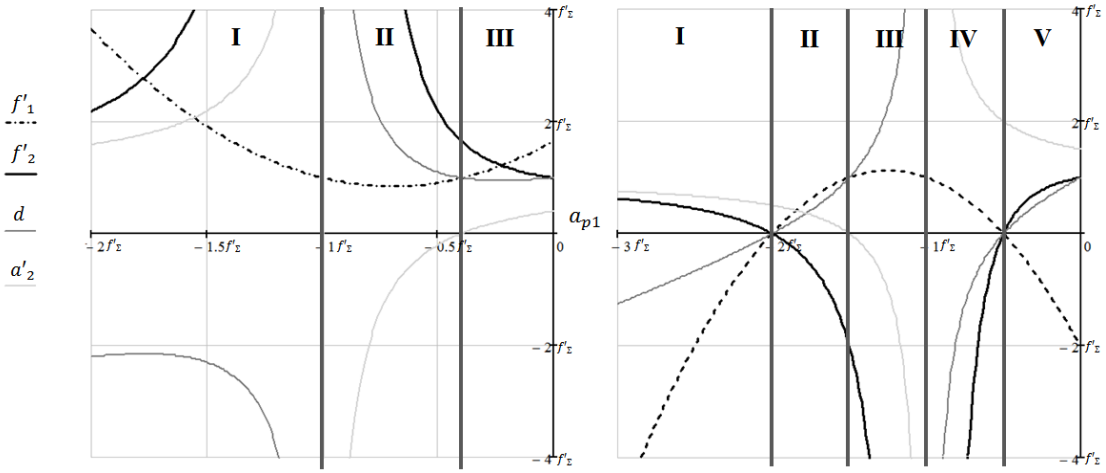


Рис. 2. Вид графиков зависимостей в случае «короткой» $(L = 1{,}4f'_\Sigma)$ и «длинной» $(L = 2{,}5f'_\Sigma)$ систем

Для каждого из типов систем были выделены и исследованы несколько промежутков, в пределах которых возможны различные варианты оптических схем. В результате проведенного исследования габаритных соотношений определены три варианта схемных решений, наиболее всего подходящих для оптической системы объектива с вынесенным зрачком. Один для «короткой» системы, и два – для «длинной». Для каждого из возможных вариантов выделены достоинства и недостатки.

В работе проведен габаритный расчет объектива индикации информации в соответствии с требованиями технического задания. С использованием результатов исследования выбран оптимальный вариант композиции двухкомпонентной схемы, и определены характеристики обоих компонентов.

Для уменьшения сферической аберрации в зрачках в качестве первого компонента рассчитан апланатический мениск, действующий относительно центра входного зрачка. В результате работы выведен ряд зависимостей, благодаря которым, зная величину удаления зрачка можно определить конструктивные параметры первого компонента, рассчитанного как положительный апланатический мениск. В качестве второго компонента стартовой системы рассчитана ахроматическая склейка. В дальнейшем, на основе рассчитанной стартовой системы, проведен поиск предельно допустимого качества изображения в программе ZEMAX при использовании инструментов оптимизации.

Подводя итоги можно сказать, что в настоящей работе была разработана методика, значительно упрощающая габаритный расчет двухкомпонентной оптической системы с вынесенным зрачком. По результатам исследования вариантов решений были предложены оптимальные варианты композиции схемы объектива для системы индикации информации. В работе также произведены габаритный и аберрационный расчеты объектива в соответствии с требованиями технического задания, и выполнен поиск предельно достижимого качества изображения. Полученная в результате оптическая система объектива индикации информации полностью удовлетворяет требованиям к качеству изображения.

Литература

1. Русинов М.М. Композиция оптических систем. – М.: Либроком, 2011. – 384 с.
2. Кучерявый А.А. Бортовые информационные системы: курс лекций / Под ред. В.А. Мишина и Г.И. Клюева. – 2-е изд. перераб. и доп. – Ульяновск: УлГТУ, 2004. – 504 с.
3. Багдасаров А.А., Анитропов Р.В., Багдасарова О.В., Лившиц И.Л. Индикаторные системы отображения вторичной информации комплексов Авионики и автобазирования // Изв. вузов. Авиационная техника. – 2011. – № 2. – С. 48–52.

Гусаров Вадим Федорович
Год рождения: 1990
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра оптико-электронных приборов и систем,
группа № 6311
Направление подготовки: 200400 – Оптико-электронные методы и средства обработки видеоинформации
e-mail: hoarfrost.vg@gmail.com

УДК 681.786

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ГРАДИЕНТА ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУШНОГО ТРАКТА

В.Ф. Гусаров
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Н. Тимофеев

В работе произведена разработка оптико-электронной системы (ОЭС) с оптической равносигнальной зоной (ОРСЗ) для измерения вертикального градиента температур воздушного тракта с помощью дисперсионного метода и исследование погрешностей данной системы. Особенностью измерений в таких отраслях как горное дело, судостроение, аэрокосмическая промышленность, инженерное строительство являются большие дистанции и, соответственно, усиление влияния воздушного тракта на точность. Основным источником погрешности при точном оптическом определении углов и расстояний является атмосферная рефракция, обычно вызванная наличием вертикального градиента температуры. Проведенный анализ существующих методов и систем учета рефракции атмосферы показал, что наиболее перспективным является многоспектральный дисперсионный метод, поскольку имеет приемлемые требования к оборудованию, требуются меньшие инструментальные затраты при проведении измерений, также отсутствует необходимость строгого согласования условий наблюдения с теоретическими предположениями и предполагается относительная простота в технической реализации. Особенностью системы является применение полихроматической ОРСЗ и стоит отметить, что для измерения вертикального градиента температуры этот метод еще не применялся.

Основной **целью работы** являлось исследование погрешностей ОЭС измерения вертикального градиента температур воздушного тракта. С точки зрения суммирования всех составляющих погрешности они были разделены на систематические и случайные. В частности, рассматривались погрешности, вызванные: температурной деформацией корпуса задатчика базового направления (ЗБН); деградацией источников излучения

(ИИ); изменением частоты модуляции излучения при изменении температуры; турбулентностью атмосферы; шумами приемника оптического излучения (ПОИ); действием схемы автоматической регулировки яркости (АРЯ).

При исследовании погрешности, вызванной температурной деформацией корпуса ЗБН было проведено моделирование одностороннего воздействия теплового потока. Было показано, что такое воздействие вызывает отклонение оптической оси и, соответственно смещение ОРСЗ, определяемое выражением

$$\Delta y_{\text{д}} = l_{\max}\gamma, \qquad (1)$$

где γ – угол отклонения оптической оси, определяемый соотношением:

$$\text{tg}\gamma = \frac{0,0030532 - 0,000294}{74,34} = 3,4 \cdot 10^{-5} \approx \gamma.$$

Полученная из выражения (1) величина смещения ОРСЗ $\Delta y_{\text{Д}}$, равная 3,4 мм, для рассмотренного случая будет одинаковой как для синего, так и для инфракрасного (ИК) излучений, поэтому не будет влиять на величину разности деформаций ОРСЗ.

Однако необходимо отметить, что изменение направления нагрева ЗБН приведет к неравным величинам смещения ОРСЗ для разных длин волн, поэтому были определены требования к защите от прямых солнечных лучей места установки ЗБН и обеспечение равномерного воздействия температуры.

Следующей исследовалась погрешность от деградации ИИ, которая приводит к неравномерной облученности граней разделительной призмы. Величина смещения ОРСЗ определяется выражением:

$$\delta y = 0,25\left(k_1\delta\varphi \cdot z + \frac{D_1(z_0 - z)}{z_0}\right)\delta L, \qquad (2)$$

где k_1 – коэффициент формы распределения аберраций объектива прожектора; δφ – максимальное значение угловой сферической аберрации объектива; D_1 – диаметр выходного зрачка объектива; z – дистанция до рассматриваемого сечения пучка; z_0 – дистанция фокусировки; L_1, L_2 – яркости источников излучения в прожекторе.

При фокусном расстоянии объектива f'=69,5 мм, сферическая аберрация δφ=0,005 рад. Приняв k_1=1,6, z=z_0=100 м и подставив полученные значения $\delta L_{\text{С}}$ и $\delta L_{\text{ИК}}$ в уравнение (2), получим $\delta y_{\text{С}}$=0,16 мм и $\delta y_{\text{ИК}}$=0,10 мм – значения смещения ОРСЗ, создаваемой синими и ИК источниками соответственно, найдем ошибку определения величины градиента температур $\theta_{\text{ЯР}}$:

$$\theta_{\text{ЯР}} = 0,032\,^{\circ}\text{C/м}.$$

Поскольку величина этой погрешности достаточно велика, было предложено ввести схему автоматической регулировки яркости ИИ.

Рассматривалась также погрешность, вызванная изменением частоты модуляции ИИ. В разрабатываемом устройстве в качестве источников излучения используются полупроводниковые излучающие диоды (ПИД), которые питаются модулированным напряжением от генератора с кварцевым стабилизатором частоты, поэтому следует принять во внимание, что при работе изменение окружающей температуры приводит к изменению частоты модуляции. Это вызвано изменением упругих свойств кварца в результате неравномерного нагрева пьезоэлемента, который в центральной части разогревается сильнее, чем на периферии. На рис. 1 приведена зависимость погрешности определения градиента от изменения частоты модуляции. Для исследования задавались фиксированные частоты f_1=3276 Гц и f_2=8192 Гц, частота f_3 изменялась в диапазоне 2–9,5кГц, а f_4, как было сказано ранее, связана с f_3 зависимостью $f_4 = 2,5 \cdot f_3$.

Рис. 1. График зависимости погрешности измерения градиента температур от частоты модуляции излучения

Из графика (рис. 1) видно, что увеличение частот модуляции излучения второй пары ПИД приводит к уменьшению погрешности. Затем значения становятся отрицательными, что позволяет реализовать компенсацию некоторых систематических погрешностей противоположных по действию.

Граница неисключенной систематической погрешности (НСП) при полученном значении будет равна θ_f=0,0014ºС/м.

Расчет погрешности, вызванной шумами ПОИ, складывающихся из шумов трех видов: теплового, дробового и токового, показал, что среднее квадратическое отклонение (СКО) рассматриваемой случайной погрешности, равно $S_{Ш}$=0,0021·10^{-6} ºС/м.

Действие введенной в систему схемы автоматической регулировки яркости ИИ вызывает свою случайную погрешность, поскольку она стабилизирует яркость с относительной погрешностью δL. Смещение ОРСЗ, вызванное этой погрешностью, определяется выражением

$$\delta y_{\text{АРЯ}} = 0,25 l_{\text{Л}}\, \delta L / 100, \qquad (3)$$

где $l_{\text{Л}}$ – ширина линейной части переходного участка ОРСЗ.

Расчеты показали, что СКО случайной погрешности определения вертикального градиента температур воздушного тракта от действия схемы АРЯ будет равно $S_{\text{АРЯ}}$=0,011ºС/м.

Также было проведено исследование влияния турбулентности атмосферы на положение ОРСЗ. На рис. 2 показано теоретически полученное распределение среднего квадратического смещения энергетической оси луча δy_{12}, вызываемого действиями всех неоднородностей, от дистанции.

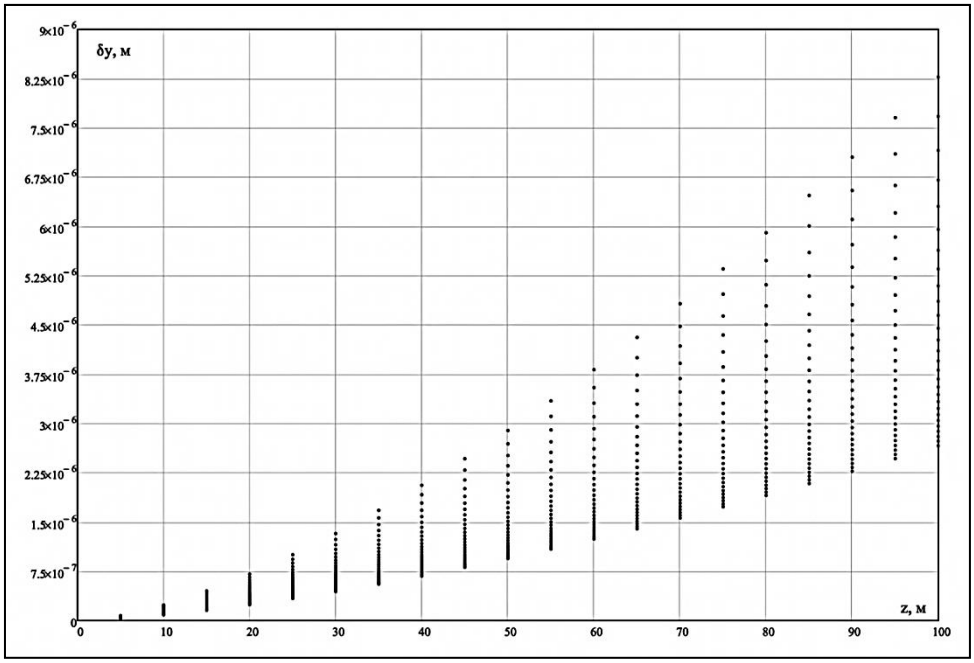


Рис. 2. График распределения среднеквадратического смещения энергетической оси луча от дистанции при наличии турбулентности атмосферы и фиксированном диаметре зрачка ЗБН

Величина δy определяется выражением

$$\delta y = \left(\delta\varphi\sqrt{z^3/(3a)}\right)\cdot\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\frac{i^2}{\left(\left(\varepsilon_1+\left(\varepsilon_2-\varepsilon_1\right)\right)\left(1-i/N\right)\right)^2}}{\sum_{i=1}^{N} i^2}}, \qquad (3)$$

где $\varepsilon_1=D_1/a$; $\varepsilon_2=D_2/a$; $N=z/a$; a – размер неоднородности показателя преломления воздушного тракта; z – дистанция от выходного зрачка объектива ЗБН до входного зрачка объектива приемной части (ПЧ).

Расчет проводился по формуле (3) при фиксированном значении D_1=42 мм, a =20 мм, n_1=1,000308 и n_2=1,000293. Диаметр входного зрачка объектива ПЧ задавался в диапазоне 25–80 мм с шагом 2 мм, а дистанция в 1–100 м – шагом 5 м. Верхняя точка на каждом шаге на рис. 2 соответствует D_2=25 мм, а нижняя – D_2=80 мм. Таким образом, было показано, что увеличение входного зрачка объектива ПЧ позволяет снизить влияние турбулентности атмосферы на измерения.

Итогом исследований и расчетов погрешностей системы было их суммирование, которое поводилось в два этапа: в первом случае погрешность от деградации ИИ, которая является сильнодействующей, считалась неисключенной, во втором – она была устранена, но учитывалось влияние схемы АРЯ. Произведенное суммирование до (Δ_1=0,21ºС/м) и после (Δ_1=0,025ºС/м) устранения этой погрешности показывает эффективность данного технологического решения.

Литература

1. Джабиев А.Н., Мусяков В.Л., Панков Э.Д., Тимофеев А.Н. Оптико-электронные приборы и системы с оптической равносигнальной зоной. Монография / Под общ. ред. Э.Д. Панкова. – СПб: ИТМО, 1998. – 238 с.

2. Poppe A., Clemens J.M. On the Standartization of Thermal Characterization of LEDs // LED professional Review (LpR). – 2009. – P. 22–29.
3. Гусаров В.Ф., Тимофеев А.Н. Исследование погрешностей оптико-электронной системы измерения вертикального градиента температуры на основе полихроматической равносигнальной зоны // Труды X Международной конференции «Прикладная оптика-2012». – 2012. – С. 235–239.
4. Винниченко Н.К., Пинус Н.З., Шметер С.М., Шур Г.Н. Турбулентность в свободной атмосфере. Монография. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 286 с.

Исаев Расим Мирмагмудович
Год рождения: 1990
Факультет точной механики и технологии,
кафедра технологии приборостроения, группа № 6656
Направление подготовки: 200100 – Проектирование интегрированных автоматизированных систем технической подготовки производства приборов и систем
e-mail: ras_man@mail.ru

УДК 621.91.01

ПОСТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК

Р.М. Исаев
Научный руководитель – д.т.н., профессор Г.И. Мельников

На сегодняшний день на отечественных приборостроительных предприятиях при изготовлении высокоточных деталей на дорогостоящем оборудовании становится актуальной задача анализа величины деформации заготовки в момент обработки на стадии проектирования технологического процесса. Для решения данной проблемы необходимо использование адекватной математической модели, описывающей величину, направление и характер нагрузок, которые влияют на деформацию заготовки.

Адекватная модель технологической системы механической обработки заготовок позволит промоделировать в системе инженерного анализа поведение заготовки во время ее обработки и рассчитать возможную деформацию еще на стадии проектирования технологического процесса. Что, в свою очередь, снизит вероятность получения брака при производстве, сократит время по изготовлению и выпуску изделия, позволит сократить время простоя дорогостоящего оборудования.

В работе представлена модель технологической системы, учитывающая влияние на процесс изготовления детали механических воздействий, и проверена ее адекватность в реальных условиях производства.

В процессе обработки заготовка испытывает влияние силы резания R, которая может быть вычислена по формуле профессора Н.Н. Зорева, построенная на постулатах теории резания:

$$R = \frac{A\, a\, b\, \xi\, \varepsilon_1^{n-1} \sin\varphi_1}{\cos(k\varphi_1+\omega)\cos(\varphi_1-\gamma)\sin(k\varphi_1)},$$

где A – константа обрабатываемого материала, характеризующая сопротивление материала пластическому сдвигу при ε=1; a – толщина срезаемого слоя обрабатываемого материала; b – ширина срезаемого слоя обрабатываемого материала;

ξ – усадка стружки; ε_1 – деформация относительного сдвига на правой границе пластической зоны; n – константа обрабатываемого материала, характеризующая его упрочнение при пластической деформации (характеристика политропы сдвига); φ_1 – угол между правой границей пластической зоны и плоскостью резания; k – коэффициент, учитывающий характер напряженного состояния в пластической зоне и равный k =0,8; ω – угол между равнодействующей силой и плоскостью резания, причем $\omega = \text{arctg}\mu - \gamma$; μ – коэффициент трения между стружкой и передней гранью резца; γ – передний угол резца.

В ходе работы был проведен эксперимент на токарном обрабатывающем центре с ЧПУ фирмы HAAS. Было изготовлено 12 тонкостенных деталей из 3 различных видов конструкционных материалов (дюралюминия Д16Т, бронзы Бр.Аж9-4 и стали 40) с назначением различных режимов резания. Толщина стенки детали равна 0,75 мм. В результате эксперимента были замерены деформации стенки.

Пользуясь рассчитанными силами резания (по формуле Зорева), в CAE-системе ANSYS определены деформации. Результаты рассчитанных (Δ_1) и измеренных (Δ) деформаций для дюралюминия Д16Т представлены в таблице.

Таблица. Результаты рассчитанных и измеренных деформаций

№	материал	t, мм	s, мм/об	Δ_1, мкм	Δ, мкм
1	Д16Т	0,25	0,18	8,21	9
2		0,5	0,18	11,8	13
3		0,5	0,09	7,89	9
4		0,25	0,09	5,48	6

Из таблицы видно, что расчет силы резания по представленному методу приводит к результатам, близким к экспериментальным значениям. Это доказывает адекватность математической модели механических воздействий на заготовку.

На рисунке представлен результат моделирования в CAE-системе ANSYS точения наружного диаметра тонкостенной детали «Корпус», изготавливаемой из дюралюминия Д16Т, со следующими режимами резания: глубина резания t=0,15 мм; подача S=0,07 мм/об; частота вращения шпинделя n=1600 об/мин. Для данных режимов сила резания, рассчитанная по формуле профессора Зорева, равна R=47,5 Н. Красным цветом отмечены области, где деформация стенки максимальна. Видно, что при точении на установленных режимах деформация стенки будет составлять 4 мкм.

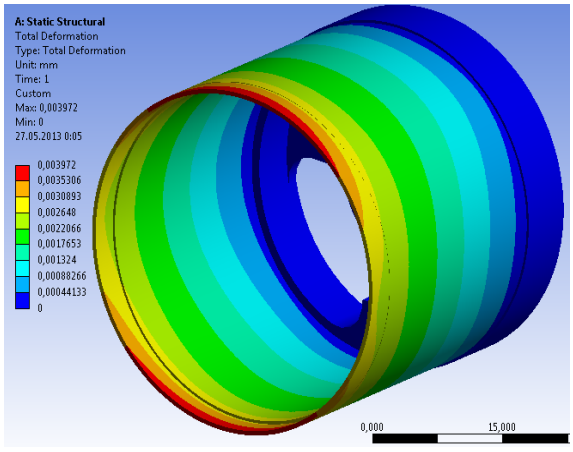


Рисунок. Результат моделирования в CAE-системе ANSYS

Анализируя результаты работы можно утверждать, что при проведении моделирования процесса обработки математическая модель технологической системы

должна строиться на постулатах теории резания. Использование адекватной модели технологической системы позволяет провести моделирование процесса обработки, определить возможные деформации и назначить оптимальные режимы резания еще на стадии проектирования технологического процесса.

Литература

1. Зорев Н.Н. Исследование элементов механики процесса резания. – М.: Машгиз, 1952. – 364 с.
2. Ящерицын П.И., Фельдштейн Е.Э., Корниевич М.А. Теория резания. – 2-е изд., испр. и доп. – Мн.: Новое знание, 2006. – 512 с.
3. Морозов Е.М., Муйземнек А.Ю., Щадский А.С. ANSYS в руках инженера: Механика разрушения. – 2-е изд., испр. – М.: ЛЕНАНД, 2010. – 456 с.
4. Розенберг А.М., Еремин А.Н. Элементы теории процесса резания металлов. – М.: МАШГИЗ, 1956. – 318 с.

Канагина Владлена Игоревна
Год рождения: 1989
Институт холода и биотехнологий, факультет экономики и экологического менеджмента, кафедра экономики и финансов, группа № и6ФМ
Направление подготовки: 080200 – Менеджмент
e-mail: clatilik@mail.ru

УДК 336.645.1
О300

ВВЕДЕНИЕ СИСТЕМЫ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА НА ПРЕДПРИЯТИИ СФЕРЫ УСЛУГ

В.И. Канагина
Научный руководитель – д.э.н., профессор В.Л. Василенок

В современной России риск-менеджмент находится на стадии становления. В первую очередь это связано с политическими и экономическими особенностями развития страны. Риск-менеджмент появился не так давно и по праву считается сравнительно молодым направлением в мировой экономической науке и практике, под которым сегодня понимается управление рисками.

Во всем мире риск-менеджмент является необходимой частью деятельности любой организации. К сожалению, Россия существенно отстает от зарубежных стран в насыщенности финансового рынка, и, прежде всего, информацией, а также новыми технологиями.

Но, несмотря на низкие темпы рыночного развития в России, во многих крупнейших российских фирмах уже созданы отделы по управлению рисками.

На сегодняшний день введение системы риск-менеджмента на предприятии является одним из самых обсуждаемых вопросов.

Внедрение в практику предприятий системы риск-менеджмента позволит обеспечить стабильность их развития, повысить обоснованность принятия решений в

рискованных ситуациях, улучшить финансовое положение за счет осуществления всех видов деятельности в контролируемых условиях.

В сфере того, что Россия вступила в ВТО, российские компании должны начать процесс модернизации менеджмента компании, чтобы быть конкурентоспособными для иностранных фирм.

В развитие прикладных концепций риска свой вклад внесли такие ученые как Дж. Бароне-Адези, Т. Боллерслев, К. Гианнопоулос, М.В. Грачева, Г. Гуптон, П. Зангари, В.Е. Кузнецов, А. Ли, М.А. Рогов, В.А. Чернов, Г.В. Чернова, Р. Энгль.

В 80–90-х гг. XX века J.P. Morgan Bank представил в широкое пользование разработанный в стенах банка показатель стоимостной оценки риска – VAR (Value at Risk). Данный показатель получил большое признание среди всех финансовых институтов. Оценка VAR успешно применяется и в наше время.

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

Вместе с развитием и внедрением системы риск-менеджмента должны появиться специалисты в этой сфере, а именно риск-менеджеры.

Объектом исследования был выбран гостиничный комплекс «Гранд Петергоф СПА Отель», который расположен в пригороде Санкт-Петербурга.

Предметом исследования является управление финансовым риском, а именно, предложение решения по его снижению.

Практическая значимость работы состоит в том, что предложенное в ней решение поможет снизить риск упущенной выгоды, сократить процент неподтвержденных бронирований, повысить конкурентоспособность отеля, минимизировать риски по операциям, связанным с наличными денежными средствами, снизить затраты на инкассацию. И самое главное – улучшить имидж отеля за счет использования современных технологий и предоставления различных вариантов расчета за товары и услуги.

Создание современной индустрии туризма невозможно без развитой инфраструктуры по обслуживанию туристов. Важное место в ней занимает гостиничное хозяйство. Гостиничный бизнес является одной из наиболее перспективных и быстроразвивающихся отраслей, несущей в себе огромный потенциал для российского рынка.

Риск-менеджмент определяет пути и возможности обеспечения устойчивости предприятия индустрии гостеприимства, его способности противостоять неблагоприятным ситуациям.

Гостиничное предприятие в процессе своей деятельности взаимодействует с большим количеством организаций (партнеров по бизнесу), в том числе финансового сектора. Результатом этого является тесная взаимосвязь рисков гостиничного предприятия и финансовых институтов, выражающаяся как в воздействии рисков предприятия на уровень рисков организаций-партнеров, так и в обратном влиянии рисков финансовых институтов на риски предприятия. Указанная взаимосвязь подчеркивает существенное значение рисков гостиничного предприятия в общей системе рисков.

Объектом исследования является загородный гостиничный комплекс «Гранд Петергоф СПА Отель». За последний год существенно выросла загрузка отеля. Ранее средняя загрузка за месяц колебалась от 25–45%, то с сентября 2012 года загрузка увеличилась до 60–72% (рис. 1). Благодаря увеличению месячной загрузки номерного

фонда ООО «Гранд Петергоф» столкнулось со следующей проблемой, а именно риском упущенной выгоды в выходные дни (рис. 2).

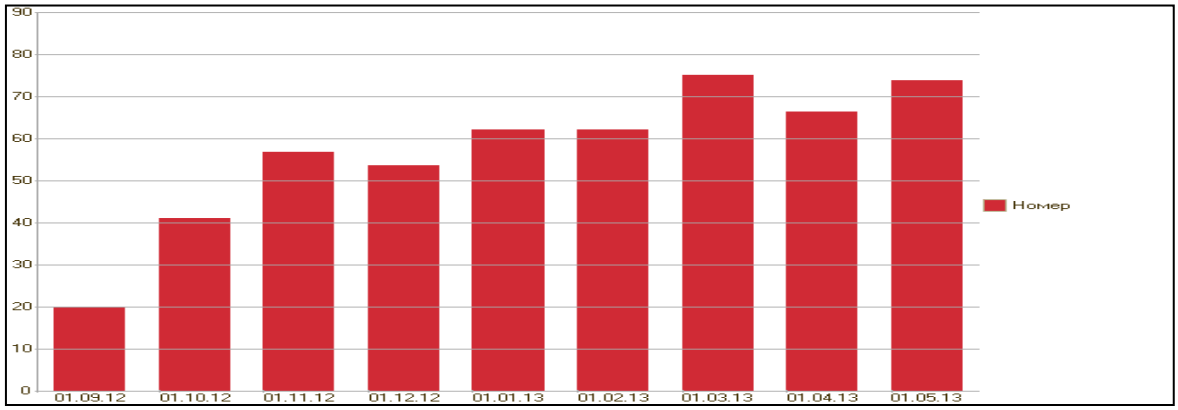


Рис. 1. Диаграмма загрузки номерного фонда (в %) с сентября 2012 по май 2013 года

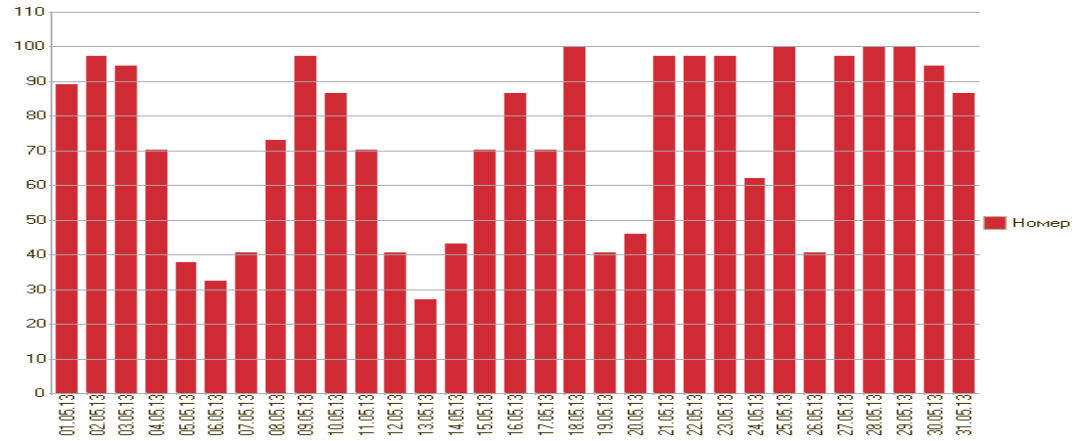


Рис. 2. Диаграмма загрузки номерного фонда (в %) за 1 месяц – май 2013 года

Под риском упущенной выгоды понимается риск наступления косвенного (побочного) финансового ущерба (неполученная прибыль) в результате неосуществления какого-либо мероприятия (незаезда гостей).

Риск-менеджмент определяет пути и возможности обеспечения устойчивости предприятия индустрии гостеприимства, его способности противостоять неблагоприятным ситуациям.

В гостиничном бизнесе существует большое количество различных видов рисков: имущественные, риск убытков от перерыва в деятельности предприятия, риск источника повышенной опасности, финансовые риск и др.

Интернет-эквайринг – услуга, позволяющая торгово-сервисным организациям осуществлять расчеты с покупателями в сети Интернет. Эта услуга оказывается банками-эквайерами, процессинговыми центрами и электронными платежными системами.

Преимущества использования эквайринга:

- повышение конкурентоспособности предприятия и увеличение оборотов за счет привлечения новых клиентов-держателей пластиковых карт;
- минимизация рисков по операциям, связанным с наличными денежными средствами;
- снижение затрат на инкассацию;
- улучшение имиджа предприятия за счет использования современных технологий и предоставления различных вариантов расчета за товары и услуги;

– возрастание сумм совершаемых покупок, поскольку, имея карту, клиент не ограничивается имеющейся суммой наличных средств.

Условия эквайринга:

– размер комиссионного вознаграждения устанавливаются индивидуально для каждого предприятия;
– все необходимое оборудование для работы с картами и расходные материалы банк предоставляет бесплатно;
– банк бесплатно проведет обучение персонала для работы с картами международных платежных систем;
– банк бесплатно осуществляет все сервисное обслуживание оборудования и оказывает круглосуточную информационно-справочную поддержку;
– возможность стать участником дисконтной программы.

Основное преимущество банковского Интернет-эквайринга перед электронными платежными системами – надежность расчетов. Безопасность трансакций обеспечивается современными технологиями защиты, например 3D-Secure от VISA и SecureCode от MasterCard. Но, несмотря на то, что оплата происходит по специальному протоколу, любые платежные операции в Интернете все равно сопряжены с высоким риском мошеннических действий, и поэтому данная услуга на сегодняшний день не сильно развита и популярна.

Для приема платежей по пластиковым картам в Сети организация должна подписать соответствующий договор с банком. Условия предоставления Интернет-эквайринга определяются кредитной организацией в индивидуальном порядке для каждого клиента.

При выборе банка надо выяснить следующие нюансы в условиях договора:

– обязательно ли открывать счет в банке;
– требуется ли открытие обеспечительного депозита;
– платное или бесплатное подключение к системе;
– есть ли процессинговое решение на стороне банка. Хорошо, если банк располагает собственным процессинговым центром. Размер комиссии в таком случае ниже, а вопросы, возникающие в процессе обслуживания банковских карт, будут решаться оперативнее.

Конечно, сейчас уже нет необходимости доказывать, что успех любого предпринимателя, бизнесмена, менеджера в значительной степени зависит от его отношения к риску, ведь на этапе принятия решений компания сталкивается с выбором приемлемого для него уровня риска и путей его снижения. При этом каждая компания имеет свои собственные предпочтения и подходы и на основе этого выявляет риски, которым может быть подвержено, решает, какой уровень риска для него приемлем, и ищет способы избегания нежелательных последствий.

В наше время компьютерных технологий и платежей, когда даже коммунальные услуги можно оплатить, не выходя из дома, возможность бронирования и оплаты номера на официальном сайте отеля должна присутствовать обязательно. Комиссия, которую выплачивает отель за услуги пользованием Интернет-эквайринга банку-эквайера, значительно ниже, чем комиссия, которую отель выплачивает системам бронирования, через которые были сделаны бронирования номеров гостями. Многие гости ошибочно полагают, что непосредственно те системы бронирования, через которые гости бронируют номер, снимают оплату, и уже потом перечисляют необходимую денежную сумму отелю. На самом деле оплату удаленно снимает сам отель. После бронирования номера через неофициальный сайт отеля, заявка с данными гостя, а также данными его банковской карты, за исключением CVS-кода, поступает в

отель. И именно сотрудниками отеля происходит снятие необходимой денежной суммы со счета гостя удаленно.

Ввод системы Интернет-эквайринга должен снизить риск упущенной выгоды, увеличить количество бронирований, сделанных через официальный сайт отеля, а не при помощи сайта системы бронирования, тем самым снизить расходы на выплату комиссии системам бронирования.

Таким образом, введение системы Интернет-эквайринга ведет к снижению риска упущенной выгоды, ускоряет процесс оплаты, делает процедуру заселения более быстрой и удобной как для гостей, так и для администраторов отеля.

Литература

1. Бланк И.А. Основы финансового менеджмента. Т. 2. – Киев: Ника-Центр, 1999. – 512 с.
2. Дресвянникова А.В. Классификация рисков по характеру воздействия на результаты деятельности предприятия // Российское предпринимательство. – 2007. – № 10. – Вып. 1(99). – С. 98–103.
3. Шеметев А.А. Комплексное управление рисками в системе риск-менеджмента компании // Современные научные исследования и инновации. – 2011. – № 6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://web.snauka.ru/issues/2011/10/3004, своб.
4. Марцыновский Д.А. Обзор основных аспектов риск-менеджмента [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.asms.ru/kompet/2009/03012009.pdf, своб.
5. Максимова О. Управление финансовыми рисками // Финансовый директор. – 2008. – № 3. – С. 56–60.
6. «Гранд Петергоф СПА Отель» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.grandpeterhof.ru, своб.

Кондратьева Евгения Анатольевна
Год рождения: 1990.
Академия методов и техники управления «ЛИМТУ»,
кафедра компьютерного проектирования и дизайна,
группа № 6404
Направление подготовки: 230400 – Компьютерная графика и Web-дизайн
e-mail: jenny.kondratyeva@gmail.com

УДК 004.925.83

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ 3D-ОБЪЕКТОВ

Е.А. Кондратьева
Научный руководитель – к.т.н., доцент Д.Г. Штенников

Объектом исследования является 3D-модель. Предметом исследования является влияние аппаратной и программной составляющих на моделирование 3D-объекта.

Актуальность задачи состоит в том, что несмотря на множество методов и средств моделирования, затраты времени на моделирование 3D-объекта остаются велики. **Целью работы** была выработка метода для оптимизации моделирования 3D-объектов.

Задачи: разработать онтологию 3D-объекта, выявить основные факторы, влияющие на моделирование 3D-объекта, провести анализ взаимодействия между ветвями дерева онтологии, выработать метод для оптимизации моделирования 3D-объектов на основе предыдущих исследований.

На основе теоретического обзора были выявлены основные факторы, влияющие на моделирование 3D-объекта, представленные в виде дерева онтологии (рис. 1).

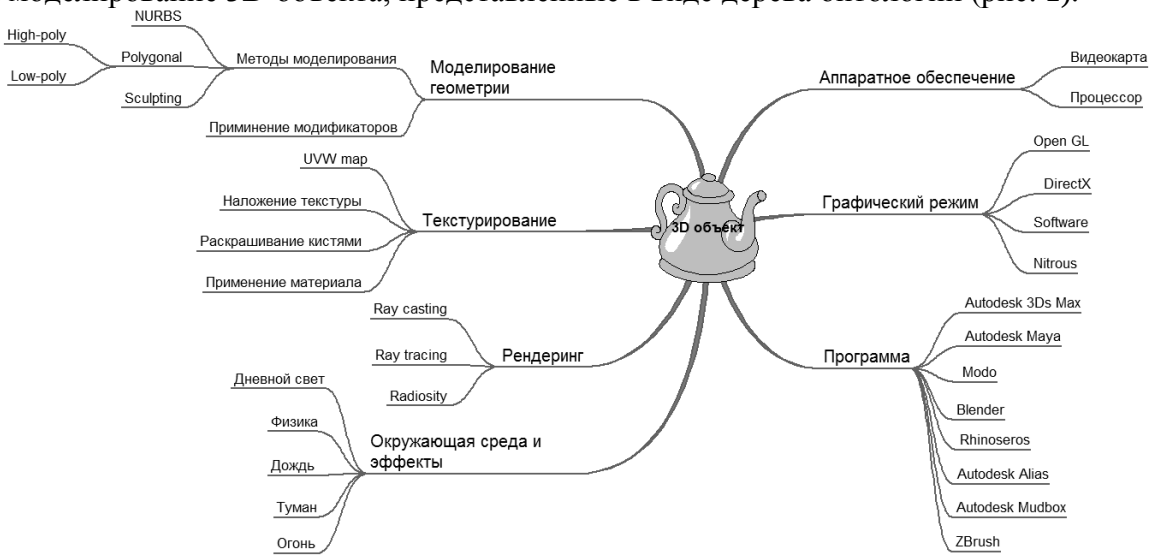


Рис. 1. Дерево онтологии 3D-объекта

Проанализировав методы геометрического моделирования 3D-объектов [1–3] следует учесть, что каждый метод имеет не столько свои достоинства и недостатки, сколько различное применение и назначение. Комбинирование методов моделирования позволяет наиболее эффективно создавать 3D-модели. Для каждого из методов геометрического моделирования был выбран один пакет (жирные линии), который позволяет наиболее просто и удобно создать поверхность заданным методом за счет удобного интерфейса и гибкости при выборе инструментов создания [2], импорта-экспорта объектов [3] (рис. 2).

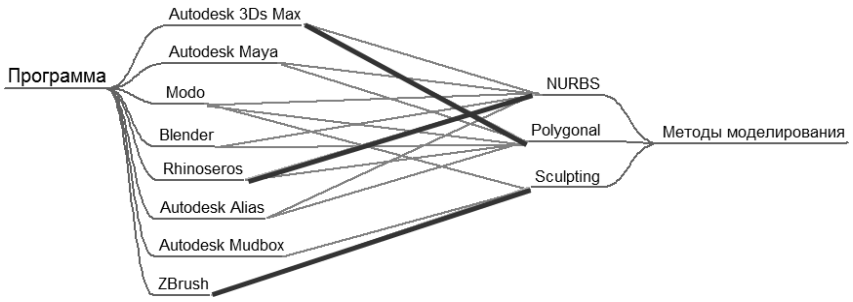


Рис. 2. Комбинирование методов моделирования и средств моделирования

В работе проведено исследование влияния аппаратного обеспечения на время моделирования 3D-объекта. Параметры тестирования: программа 3Ds Max, система рендеринга mental ray, графический режим OpenGL (DirectX, Nitrous).

Алгоритм тестирования для одной 3D-модели из набора 3D-моделей [4] представлен на рис. 3.

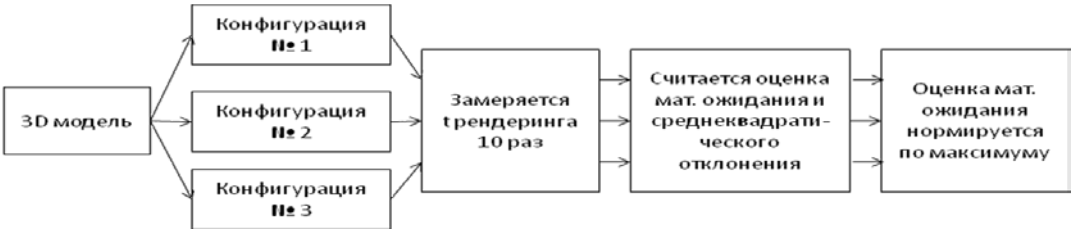


Рис. 3. Алгоритм тестирования влияния аппаратного обеспечения

Отличия конфигураций компьютеров для исследования приведены в таблице.

Таблица. Отличия конфигураций компьютеров для исследования

	Конфигурация № 1	Конфигурация № 2	Конфигурация № 3
Процессор	Intel® Core™ i7-2600K CPU @ 3.40GHz	Intel® Core™ 2 Duo SU7300 @ 1.30GHz	Intel® Core™ 2 Duo SU7300 @ 1.30GHz
Оперативное запоминающее устройство	2 Гб	4 Гб	4 Гб
Видеоадаптер	NVIDIA GeForce GTX 550 Ti	Mobile Intel® 4 Series Express Chipset Family	NVIDIA GeForce GT 335M

Полученные результаты тестирования конфигураций в графическом режиме OpenGL представлены на рис. 4.

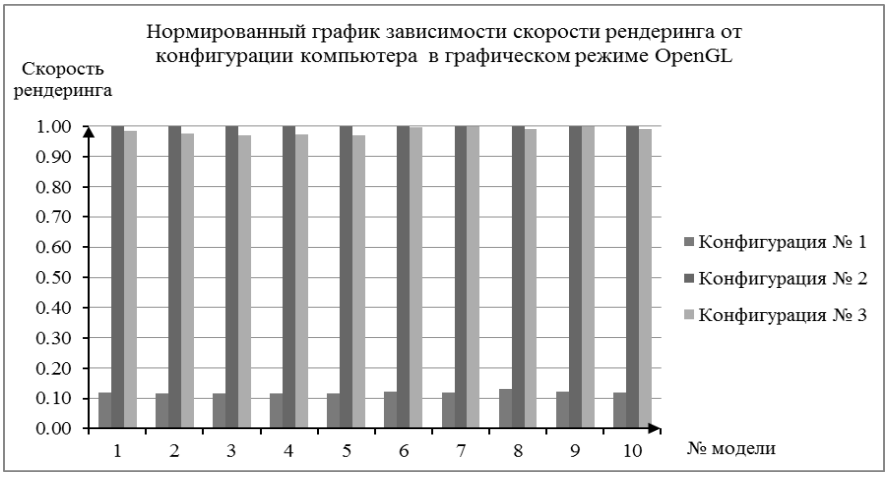


Рис. 4. График зависимости времени рендеринга от конфигурации компьютера

Рассчитана оценка математического ожидания скорости рендеринга в трех графических режимах в зависимости от конфигурации компьютера (рис. 4):

1. с конфигурацией № 1 равна 0,120;
2. с конфигурацией № 2 равна 0,998;
3. с конфигурацией № 3 равна 0,990.

По аналогичным алгоритмам и параметрам тестирования получены следующие результаты.

1. При выборе графического режима, наиболее быстрый рендеринг в DirectX. Базовые пакеты исследуемых программ имеют только графический режим OpenGL, доступный для выбора, кроме программы 3Ds Max. При исследовании графических

режимов в программе 3Ds Max были получены следующие оценки математического ожидания графических режимов времени рендеринга:

– OpenGL равна 0,99;
– DirectX равна 0,97;
– Nitrous равна 0,98.

2. Текстурирование методом sculpting занимает меньше времени, чем создание текстурной карты и не требует навыков работы с 2D-редакторами, однако метод реализован не во всех программах. Оптимальным выбором метода текстурирования для низкополигональных моделей являются текстурные карты и использование материалов, а для высокополигональных моделей – метод sculpting и использование материалов. Оценка математического ожидания времени рендеринга в зависимости от текстурирования:
   – текстурированных моделей равна 1,00;
   – нетекстурированных моделей равна 0,18.
3. При выборе рендеринга следует отталкиваться от объекта моделирования. Оценка математического ожидания времени рендеринга в зависимости от системы рендеринга:
   – в системе scanline равна 0,03;
   – в системе mental ray равна 0,06;
   – в системе Vray равна 1,00.

Оптимальный выбор в соотношении время/качество – mental ray, для получения фотореалистичного рендеринга с многократными отражениями и преломлениями можно использовать Vray, но время рендеринга будет больше.

На основе полученных данных, разработан метод для оптимизации моделирования типовых 3D-объектов, представленный на диаграммах деятельности на рис. 5–7.

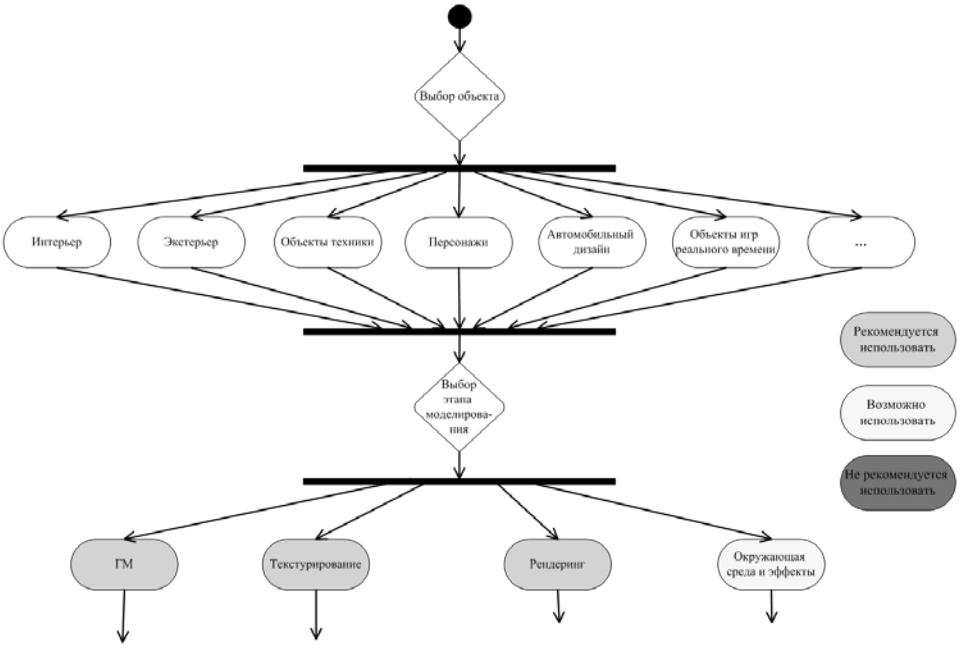


Рис. 5. Выбор типа объекта и этапов моделирования

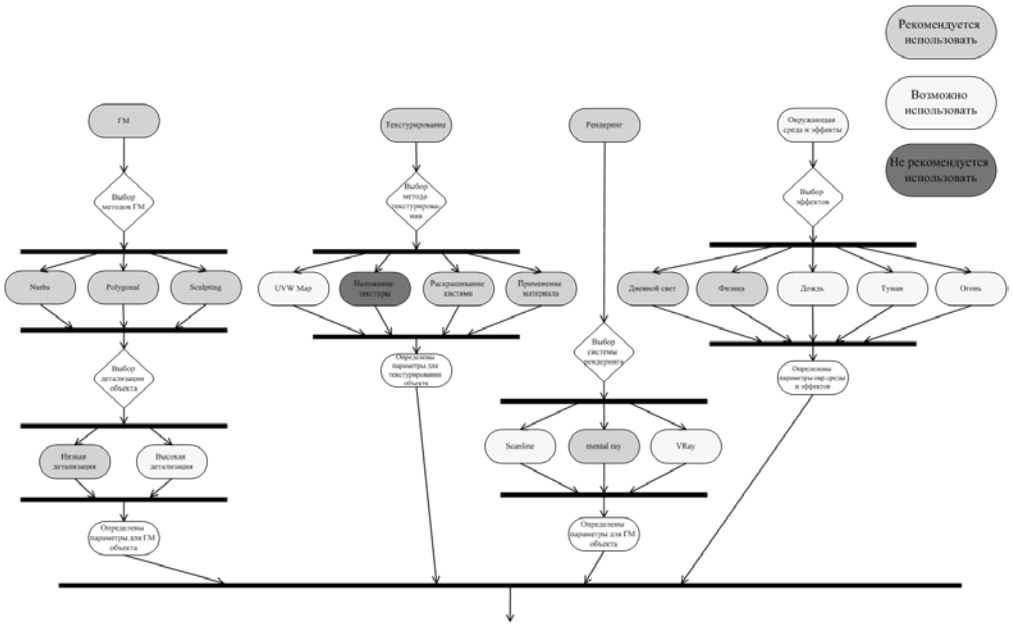


Рис. 6. Выбор параметров для различных этапов моделирования

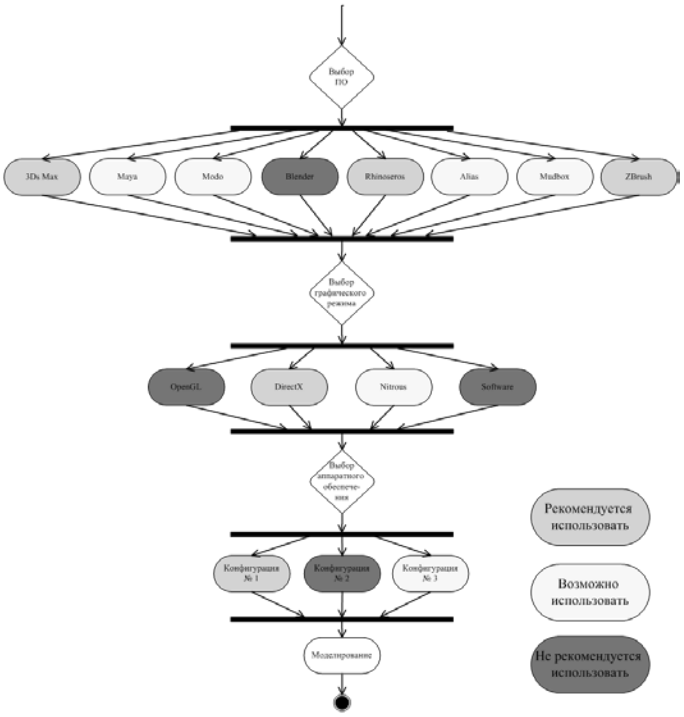


Рис. 7. Выбор параметров программного и аппаратного обеспечения

Разработанный метод успешно внедрен в компанию ОАО «НИИ «Масштаб» и привел к сокращению времени моделирования 3D-объектов в среднем до 30%.

Литература

1. Миловская О.С. Самоучитель 3D’s Max. – СПб: БХВ-Петербург, 2008. – 327 с.
2. Low-poly // GameDev.ru. – Разработка игр, 2001–2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gamedev.ru/art/terms/lowpoly, своб.
3. TeachPro Инструмент лепки (Sculpt Polygons Tool) // ООО «Мульти Медиа Паблишинг», 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://teachpro.ru/Tutorial?CourseID=c186c2d5-4010-4af4-b1fb-9d1a584eacd1&Name=ma010213, своб.
4. Официальный сайт компании Evermotion [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.evermotion.org/, своб.

Леденева Валентина Викторовна
Год рождения: 1986
Академия методов и техники управления «ЛИМТУ»,
кафедра компьютерного проектирования и дизайна,
группа № 6404
Направление подготовки: 230400 – Компьютерная графика и Web-дизайн
e-mail: valentina@ledeneva.com

УДК 004.925.83

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ САЙТОМ

В.В. Леденева
Научный руководитель – к.т.н., профессор Л.Б. Левковец

Целью работы было выявление наиболее оптимальной, отвечающей современным требованиям рынка веб-разработок, платформы для создания интернет-магазина.

Основными задачами в первую очередь являются: ознакомление с наиболее популярными в 2012 г. CMS, изучение и сравнение их функциональных возможностей и характеристик, а также выявление наиболее функциональных из них.

Актуальность работы заключается в стремительном развитии рынка электронной коммерции. По данным 2012 г. интернет-пользователями в России являются 58 млн. человек, из которых 25% совершают регулярные покупки. Только за прошлый год объем рынка электронной коммерции составил 310 млрд. рублей.

Для исследования выбраны самые популярные платформы в России в 2012 г. Среди пятерки лидеров – 1С Битрикс, UMI.CMS, Wordpress, Drupal, Joomla. Так как целью работы является выявление оптимальной платформы для создания именно интернет-магазина, Wordpress, являясь самой популярной блоговой платформой, в работе не рассмотрена.

Стоит отметить, что 1С Битрикс и UMI.CMS являются коммерческими платформами. Drupal и Joomla – системы, распространяемые с открытым исходным кодом по лицензии General Public License бесплатно.

Первыми характеристиками к сравнению платформ рассматривались системные требования, предъявляемые к веб-серверу при установке систем. Все четыре платформы установлены на реальный веб-сервер компании Бегет. Основным преимуществом коммерческих платформ является наличие распаковочных PHP-скриптов. Лучше всех на данном этапе себя проявили коммерческие платформы. Установка этих систем занимает минимальное количество времени. Рассмотрена также возможность автоматического обновления систем. В данном случае только платформа Drupal не поддерживает функцию автоматического обновления ядра до последней версии. Следующий критерий, который рассмотрен в работе – это безопасность систем, рассмотрены такие важные характеристики как ведение логов записей, разграничение прав доступа, защита от автоматического заполнения веб-форм и другие. По данному критерию платформа 1С Битрикс не только удовлетворяет минимальным требованиям,

она имеет уникальные возможности: сканирование системы на вирусы, создание раздельных бэкапов с функцией настройки времени копирования. В аспекте производительности систем коммерческая платформа 1С Битрикс также обладает рядом уникальных преимуществ – это встроенный мониторинг производительности, сохранение бэкапов на облачном сервере с 1С Битрикс, использование CDN-технологий и другие возможности. Полная документация на родном языке имеется у 1С Битрикс и UMI.CMS. Документация на русском языке для Drupal и Joomla, как правило, появляется не раньше трех месяцев после выхода платформы. 1С Битрикс опять является лидером благодаря возможности очного и онлайн-обучения системе.

В платформах 1С Битрикс и UMI.CMS выбраны редакции со встроенными модулями интернет-магазинов, а вот для Drupal и Joomla были произведены промежуточные исследования, которые выявили наиболее подходящие для исследования компоненты. Итак, к системе Drupal рассматривались два компонента – Ubercart и Drupal Commerce. У Joomla – VM, JoomShopping, HikaShop, RedShop. Для системы Drupal выбран модуль интернет-магазина Ubercart благодаря возможности реализации настройки сроков поставки, инвентаризации товаров и самое главное возможности интеграции с бухгалтерской программой 1С. Сравнение компонентов для Joomla выявило два лидирующих компонента – VM и HikaShop. Но так как установка VM на самую последнюю версию Joomla на сегодняшний день невозможна, для исследования был взят компонент HikaShop.

Итоговыми объектами исследования являются 4 редакции: 1С Битрикс, UMI.CMS со встроенными компонентами интернет-магазина, Drupal в связке с компонентом Ubercart и Joomla в связке с компонентом HikaShop.

Автором проведено сравнение компонентов на предмет возможности настройки каталога и корзины. На демо-сайтах созданы одинаковые товарные позиции – футболки, для проверки функциональных возможностей модулей были введены опции товарам – размерный ряд к каждой футболке. Итак, у 1С Битрикс имеется два представления товаров с опциями – в табличном виде и в виде впадающего списка. Оформление заказа происходит в три этапа, имеется возможность присвоить уникальный код изделиям с различными опциями. В UMI.CMS не самое удачное представление стоимости товаров с опциями, так как отображается лишь добавочная стоимость опций. И, к сожалению, не обнаружилось возможности добавления уникального кода и остатков к товарам с опциями, т.е. при добавлении товара в корзину невозможна валидация на предмет наличия товара на складе. Оформление заказа исполнено очень удачно, проходит в 5 понятных этапов. В Drupal модуль Ubercart требует дополнительной локализации, также в карточке товара присутствуют лишние элементы, которые можно убрать, только удалив их в шаблоне компонента. Здесь также возможно присвоение уникального кода и остатков товарам с опциями. Оформление заказа происходит в 3 этапа. Для приведения карточки и корзины в данный вид потребовалась установка 12 дополнительных модулей, что сильно увеличивает время разработки магазина. Характеристики Joomla в связке с компонентом HikaShop аналогичны компоненту Ubercart Drupal, но значительно проще в настройке и не требуют дополнительной установки модулей.

Подводя итоги по характеристикам платформ, автором была введена трехбальная шкала оценки по каждой из основных характеристик, таких как установка, безопасность, производительность, модуль интернет-магазина, и получены результаты оценки, представленные на рис. 1. По данным таблицы 1С Битрикс имеет самую высокую стоимость, но при этом все характеристики по которым исследовалась система, выполняемы встроенными средствами платформы. Платформа UMI.CMS является достойным коммерческим продуктом, но в ней отсутствует очень важный

модуль – учет опционных товаров на складе и еще несколько характеристик. Платформы Joomla и Drupal, несмотря на их бесплатность, имеют ряд недостатков по сравнению с коммерческими платформами. Если постараться реализовать все функции 1С Битрикса на этих CMS, они будут стоить дороже коммерческих платформ.

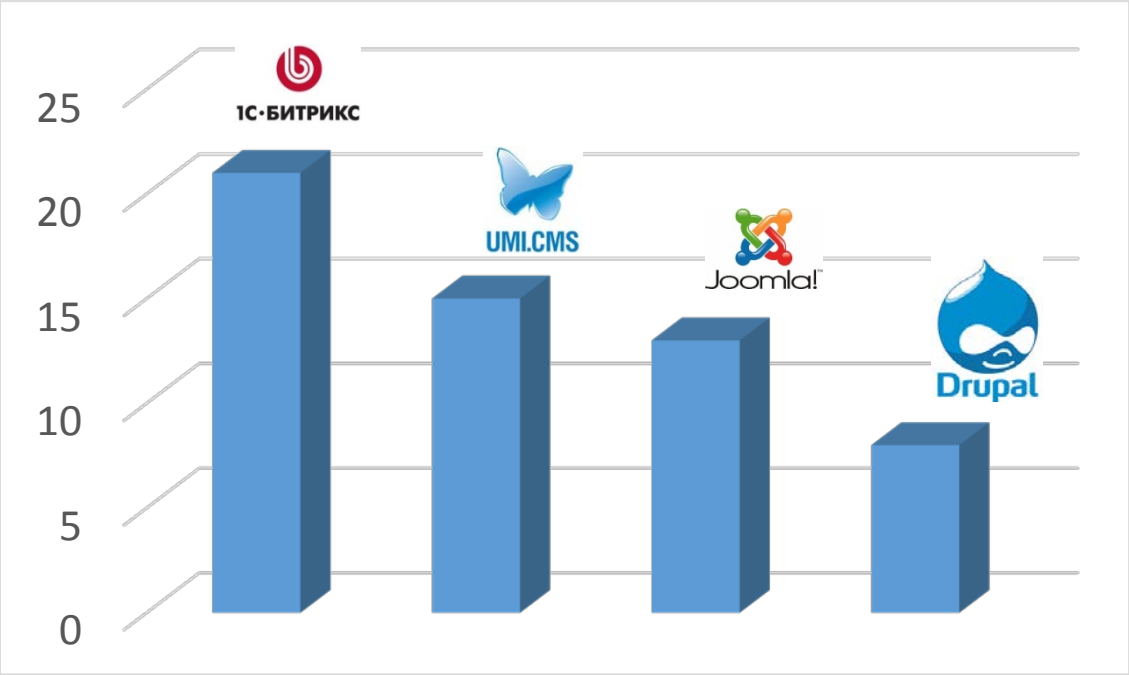


Рис. 1. Диаграмма оценки функциональных характеристик систем

Таблица. Сравнительные характеристики исследуемых систем

Характеристики компонентов	1С-Битрикс Управление сайтом 12.5 «Малый бизнес»	UMI.CMS Commerce 2.9	Joomla 3.1.1 + HikaShop 2.1.3	Drupal 7.22 + Ubercart 3.4
Стоимость платформы с компонентом «Интернет-магазин»	24 500 руб.	19 900 руб.	4 840 руб.	бесплатная
Стоимость дополнительных компонентов	–	–	12 000 руб.	12 000 руб.
Количество устанавливаемых компонентов	Только установка платформы	Только установка платформы	Установка платформы + компонент интернет-магазина	Установка платформы + компонент интернет-магазина + 12 модулей
Техническая поддержка	В течение года на русском языке	В течение года на русском языке	К компоненту интернет-магазина в течении 6 месяцев на английском языке	отсутствует
Обновления системы	автоматическое	автоматическое	автоматическое	ручное
Атрибуты корзины (опции, влияющие на конечную	присутствуют	присутствуют	присутствуют	присутствуют

Характеристики компонентов	1С-Битрикс Управление сайтом 12.5 «Малый бизнес»	UMI.CMS Commerce 2.9	Joomla 3.1.1 + HikaShop 2.1.3	Drupal 7.22 + Ubercart 3.4
стоимость)				
Функция сообщения о том, когда товар поступит в продажу	присутствует	нет	присутствует	нет
Импорт товаров	поддерживается	поддерживается	поддерживается	поддерживается
Экспорт товара	поддерживается	поддерживается	нет	нет
Учет опционных товаров на складе	поддерживается	нет	поддерживается	поддерживается
Настройка автоматического просчета стоимости доставки	EMC Почта России ЕСПСР – Экспресс Почта России UPS DHL	Почта России	UPS	UPS
Разделение покупателей на группы	поддерживается	поддерживается	поддерживается	поддерживается
Автоматическая поддержка обмена данными с 1С	присутствует	присутствует	Нет готового модуля, написание модуля составит не менее 12 000 руб.	присутствует
Функция сравнения товаров	присутствует	присутствует	присутствует	присутствует
Параметрический поиск (фильтры)	присутствует	присутствует	присутствует	присутствует
Итоги	24 500 руб. все критерии выполняемы, 1 критерий частично выполнен	19 900 руб. не поддерживается 2 критерия, 1 критерий частично выполнен	16 840 руб. не поддерживается 2 критерия	12 000 руб. не поддерживается 2 критерия

Разница в стоимости лидирующих платформ составляет 4 600 руб. Но, на взгляд автора – это является минимальной стоимостью тех уникальных возможностей по безопасности и производительности, которые предоставляет 1С Битрикс. Так 1С Битрикс – это CMS, отвечающая последним требованиям рынка веб-разработок, с гибкими настройками каталога и корзины, с русифицированным интерфейсом и технической поддержкой, с возможностью интеграции с бухгалтерской программой 1С.

Литература

1. Рейтинговое агентство «TAGLINE». – 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://2012.tagline.ru/cms, своб.
2. Портал о системах управления сайтом. – 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cmslist.ru/catalogue, своб.

3. Аналитический портал ранка веб-разработок «CMSmagazine». – 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cmsmagazine.ru/catalogue, своб.
4. Официальная документация к CMS Joomla! – 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docs.joomla.org/, своб.
5. Официальная документация к CMS 1С Битрикс. – 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://dev.1c-bitrix.ru/docs/php.php, своб.
6. Официальная документация к CMS Drupal. – 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://drupal.org/documentation, своб.
7. Официальная документация к UMI.CMS. – 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docs.umi-cms.ru/, своб.
8. Ресурс для сравнения характеристик программного обеспечения. – 2013 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://cmsmatrix.org/, своб.
9. Портал помощи по выбору CMS. – 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cmsreview.com/, своб.

Леонов Михаил Борисович
Год рождения: 1987
Факультет оптико-информационных систем и технологий, кафедра компьютеризации и проектирования оптических приборов, группа № 6321
Направление подготовки: 200400 – Проектирование и метрология оптико-электронных приборов специального назначения
e-mail: muxeu87@yandex.ru

УДК 681.783.2 + 528.48

РАЗРАБОТКА ТРЕХКООРДИНАТНОГО ЦЕЛЕУКАЗАТЕЛЯ ДЛЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

М.Б. Леонов
Научный руководитель – к.т.н., доцент И.Т. Разумовский

В последнее время военные конфликты локализуются в горных районах вблизи российских границ. В ответ на сложившуюся обстановку в 2004 году президентом Российской Федерации было принято решение о формировании двух горных бригад. Дело в том, что горная война имеет свою специфику использования вооружения и приборного снаряжения, а также спецподготовку войск.

Для поражения цели на равнинной местности обычно требуется знать две ее координаты (дальность, азимут). Для их измерения применяют такие инструменты, как бинокли, дальномеры, буссоли, теодолиты. Определением координат целей для их поражения занимается военная топография.

По сравнению с равнинной местностью для ведения прицельного боя в горах необходимо определять уже не две, а три координаты цели (дальность D; азимут A; угол места ε). В горах для проведения оптической разведки и измерения координат целей существующие инструменты малопригодны из-за значительных габаритов и массы, а также ограниченного диапазона измерения вертикальных углов [1].

Таким образом, необходим компактный прибор, способный оперативно измерять не только дальность D и азимут цели A, но также и угол места цели ε (вплоть до $\pm 90^{\circ}$).

Создание компактного, и вместе с тем, быстродействующего универсального трехкоординатного целеуказателя обрело свои возможности в связи с современными

достижениям в электронике. Структурная схема такого устройства показана на рис. 1. Прибор конструируется из функционально законченных готовых модулей.

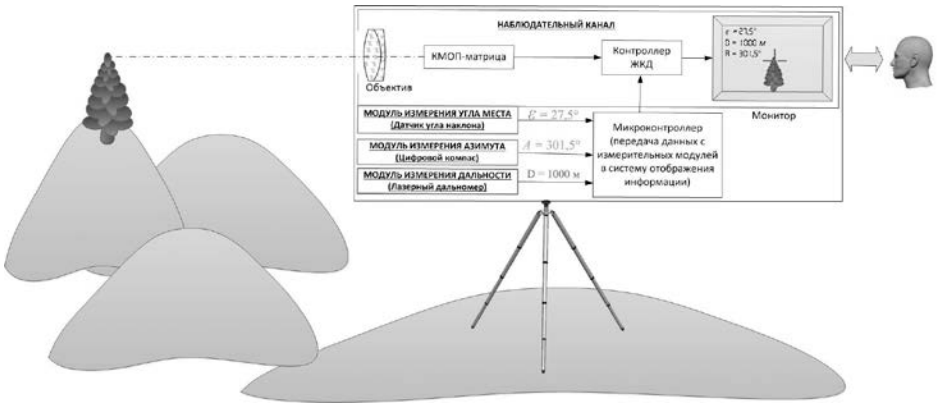


Рис. 1. Структурная схема трехкоординатного целеуказателя

Для определения дальности D в целеуказателе используется лазерный дальномер Yukon Extend LRS-1000. Принцип его работы основан на измерении времени прохождения светового импульса до цели и обратно.

Для определения азимута A в целеуказателе используется цифровой компас Adrenalin DC-01 на основе магнитного энкодера. Система измерения угла поворота в нем представляет собой поворотный микромагнит, размещенный над однокристальной микросхемой. Погрешность измерения азимута, приводимая в паспорте на компас, составляет 30–60', при угловой чувствительности самого энкодера 5–6'.

Для определения угла места цели ε используется цифровой уровень S-Digit mini, чувствительным элементом которого является датчик линейного ускорения (акселерометр). Возможности цифрового уровня позволяют оценивать углы в вертикальной плоскости вплоть до 90º от горизонта, что весьма выигрышно при проведении целеуказаний в горных районах [2].

Наблюдательный канал в целеуказателе – телевизионного типа. Он состоит из вариофокального объектива Kowa LMVZ580 ($f'_{об}$ = 5,5–82,5), приемной КМОП-матрицы MT9V032 для формирования изображения, электронно-программируемого блока и жидкокристаллического дисплея для отображения информации.

Видимое увеличение наблюдательного канала целеуказателя вычисляется по формуле:

$$\Gamma = \frac{f'_{об} \cdot M}{L} \cdot \frac{l_э}{l_m}, \qquad (1)$$

где $f'_{об}$ – фокусное расстояние объектива; $l_э$ – диагональ экрана; M – электронное масштабирование (для ПЗС и КМОП: M=1), l_m – диагональ матрицы; L – расстояние наблюдателя до экрана [3].

Согласно расчету по формуле (1) для выбранного вариофокального объектива увеличение наблюдательного канала составит Г=0,2–2,5$^{\times}$ при угловом поле 2ω=64,7–4,2º соответственно.

По итогам выбора компонентов и расчета схем разработана конструкция трехкоординатного целеуказателя (рис. 2).

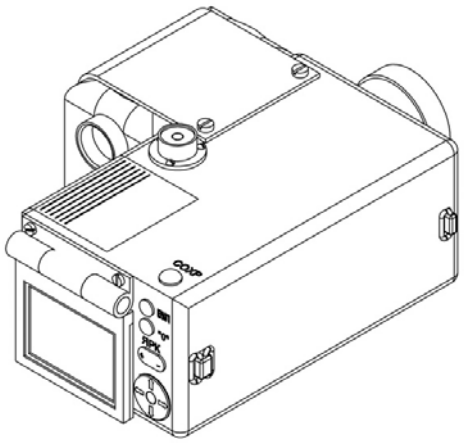


Рис. 2. Конструкция трехкоординатного целеуказателя

Проведена оценка эффективности прибора по критерию Джонсона, согласно которому минимальный разрешаемый (критический) размер объекта составит:

$$l = \frac{D \cdot N}{f'_{об} \cdot R}, \qquad (2)$$

где D – расстояние до объекта, м; N – число периодов эквивалентной штриховой миры, укладывающихся на критическом размере объекта; $f'_{об}$ – фокусное расстояние объектива разработанного прибора; R – разрешающая способность разработанного прибора [4].

По результатам расчетов по формуле (2), представленных в табл. 1, можно сделать вывод, что на расстоянии 1 км (максимальная дальность действия используемого лазерного дальномера) будет возможность не только обнаружить и распознать человеческую фигуру, но и идентифицировать ее.

Таблица 1. Размеры критического объекта

Задача	N, штр (пиксель)	l, м	
		$f'_{об}$ =5,5 мм	$f'_{об}$ =82,5 мм
Обнаружение	2 (3)	5,7	0,4
Распознавание	4 (6)	11,5	0,7
Идентификация	8 (12)	23,1	1,5

Исходя из формулы для размера критического объекта (2), выведена зависимость для определения дальности действия разработанного прибора:

$$D = \frac{f'_{об} \cdot R \cdot l}{N}. \qquad (3)$$

По результатам расчетов по формуле (3), представленных в табл. 2, можно сделать вывод, что для каждой конкретной задачи (обнаружение, распознавание, идентификации) есть возможность использования необходимого и достаточного фокусного расстояния объектива, и, следовательно, оптимального для данной задачи увеличения телевизионного канала.

Таблица 2. Определение фокусного расстояния для решения задачи наблюдения

Задача	N, штр (пиксель)	$f'_{об}$, мм	Г
Обнаружение	2 (3)	19	0,6
Распознавание	4 (6)	38	1,1
Идентификация	8 (12)	75	2,3

По результатам оценки эффективности прибора по критерию Джонсона можно сделать вывод, что разработанный прибор сможет успешно решить такие задачи как обнаружение, распознавание и идентификация объектов.

В результате аналитического исследования сферы применения прибора установлено, что прибор может использоваться как в военной топографии для определения координат целей, так и в горно-геодезическом деле для проведения геологических маршрутов, создания топографических и геологических карт, определения элементов залегания выходов пластов горных пород. Кроме того, прибор может быть использован как для ориентирования на местности, так и для ее обзора.

Особенностью данной разработки является возможность определения трех координат объекта при малых габаритах и массе по сравнению с существующими приборами. Применение модульного принципа проектирования позволило успешно совместить готовые электронные датчики с телевизионной системой наблюдения. Использование готовых модулей значительно снизило себестоимость, как разработки, так и самого прибора.

В будущем возможно усовершенствование прибора за счет дополнительных модулей, которые обеспечат сохранение фото- и видеоданных на съемные носители информации, а также их передачу по каналам связи. Возможно улучшение прибора за счет замены телевизионного канала на тепловизионный или канал ночного наблюдения. За счет использования спутниковых модулей ГЛОНАСС или GPS возможно определение координат объектов в географической системе координат, благодаря чему в будущем возможна автоматизация в последующем пересчете и передаче координат цели.

Литература

1. Гончаров А.Д., Громов А.В., Зиновьев В.В. Приборы артиллерийской разведки. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 232 с.
2. Леонов М.Б., Разумовский И.Т. К вопросу построения оптико-электронного трехкординатного целеуказателя // Сб. трудов конференции «Прикладная оптика-2012». – Т. 1. – С. 168–171.
3. Разумовский И.Т. Прикладные телевизионные приборы. Учебное пособие. – Л: ЛИТМО, 1982. – 74 с.
4. Тарасов В.В., Якушенков Ю.Г. Инфракрасные системы смотрящего типа. Монография. – М.: Логос, 2004. – 452 с.

Манко Виктория Вячеславовна
Год рождения: 1988
Гуманитарный факультет, кафедра экономической теории и бизнеса, группа № 6062
Направление подготовки: 080100 – Региональная экономика
e-mail: bagira_vikentii@mail.ru

УДК 338.796

РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ СПОРТА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В.В. Манко
Научный руководитель – к.э.н., доцент А.М. Коростелева

Роль и значение физической культуры и спорта для экономики и общества наиболее четко просматривается по следующим направлениям:

- занятия физической культурой и спортом позволяют минимизировать экономические потери;
- физическая культура и спорт являются факторами увеличения продолжительности жизни населения, и, как следствие, оказывают влияние на увеличение трудоспособного возраста населения страны;
- спорт и физическая культура являются одним из элементов при подготовке высококвалифицированных трудовых ресурсов, и, как следствие, фактором экономического роста;
- спорт представляет собой сферу предпринимательской деятельности, что, во-первых, обеспечивает занятость населения в отраслях спортивного и туристического комплекса, во-вторых, данные отрасли являются источником пополнения бюджетов различных уровней [1].

Целью работы был анализ развития экономики спорта в Российской Федерации (РФ).

Поставленная цель потребовала решения следующих задач:

- рассмотреть экономику физической культуры и спорта как область научного знания;
- определить роль и значение физической культуры и спорта для экономики и общества;
- сформулировать проблемы развития физической культуры и спорта в РФ в постсоветский период;
- проанализировать развитие материально-технической базы в сфере физической культуры и спорта РФ;
- рассмотреть динамику и тенденции развития субъектов экономики физической культуры и спорта;
- изучить рынок платных услуг населению в сфере физической культуры и спорта РФ;
- проанализировать финансирование физической культуры и спорта в РФ;
- оценить социальную, экономическую, бюджетную эффективность реализации федеральной целевой программы (ФЦП) «Развитие физической культуры и спорта в Российской Федерации на 2006–2015 годы»;
- оценить уровень достижения целевых индикаторов ФЦП «Развитие физической культуры и спорта в Российской Федерации на 2006–2015 годы»;
- дать комплексную оценку эффективности реализации ФЦП «Развитие физической культуры и спорта в Российской Федерации на 2006–2015 годы»;

– сформулировать предложения по развитию экономики физической культуры и спорта в РФ.

Объектом исследования выступает экономика спорта в РФ. Предметом исследования в работе являются показатели, характеризующие развитие экономики спорта в РФ.

Степень научной разработанности проблемы. Отечественная литература по экономике и управлению физической культурой и спортом весьма скудна; узкий круг монографий и учебных пособий, имеющихся по данной тематике, быстро устаревает, появляются целые направления спортивного менеджмента и экономики спорта, не вошедшие в предыдущие издания. В России исследованием экономики физической культуры и спорта занимаются ученые-экономисты В.В. Галкин, А.В. Литвин, М.И. Золотов, В.В. Кузин, М.Е. Кутепов, В.И. Сысоев, О.Н. Степанова и др.

В работе была проанализирована ФЦП «Развитие физической культуры и спорта в Российской Федерации на 2006–2015 годы» (далее – Программа). Однако был исследован период до 2011 года, ввиду отсутствия статистической информации в последующий период.

В ходе исследования было выявлено, что в РФ отсутствует единая методика комплексной оценки эффективности реализации Программы. В связи с данным положением была разработана методика оценки эффективности Программы. Данная методика оценки эффективности Программы включает в себя:

– оценку социальной, экономической и бюджетной эффективности реализации Программы;
– оценку уровня достижения целевых индикаторов Программы.

Сначала была дана оценка социальной эффективности реализации Программы. Под социальной эффективностью целевой программы подразумеваются изменения в состоянии здоровья и продолжительности жизни, уровне доходов, уровне рождаемости и смертности, уровне образования, уровне безработицы и других составляющих уровня и качества жизни населения, которые являются непосредственным следствием реализации программы и имеющие количественные оценки.

Для определения социальной эффективности в работе были использованы показатели числа дней и числа случаев временной нетрудоспособности. Сокращение числа дней и числа случаев временной нетрудоспособности от всех причин свидетельствует об эффективности реализации мер Программы, следовательно, о социальной эффективности.

Далее в работе была дана оценка экономической эффективности реализации Программы. Под экономической эффективностью целевой программы подразумеваются общие изменения финансового положения всех участников программы, которые наступили в результате ее реализации. Для оценки экономической эффективности в работе были использованы показатели номинальных и реальных расходов на физическую культуру и спорт, приходящиеся на душу населения. Рост расходов на физическую культуру и спорт (в расчете на душу населения) свидетельствует об изменении отношения граждан к своему здоровью, физической культуре и спорту. В соответствии с приведенной в работе системой оценивания, можно говорить о высокой экономической эффективности реализации Программы.

Следующей была оценена бюджетная эффективность реализации Программы. Все ФЦП финансируются за счет бюджетных средств. Оценка бюджетной эффективности представляет собой изменения финансовых поступлений в бюджеты всех уровней, вследствие реализации программы, и подразумевает расчет показателей результативности расходной и доходной частей. Согласно Программе, с целью финансирования федерального бюджета, был заключен контракт на проведение

лотереи между федеральным агентством по физической культуре и спорту и оператором лотереи «Гослото». Однако лотерея была проведена только в 2008 и 2009 гг. [2], поэтому результативность поступлений в Федеральный бюджет в 2006–2007, 2010–2011 гг. отсутствовала. Далее была рассчитана результативность финансирования Программы из федерального бюджета. На основании полученных данных был сделан вывод: с 2006 по 2011 гг. наблюдалась умеренная результативность финансирования Программы из федерального бюджета по всем направлениям финансирования.

Наличие в Программе измерителей, называемых индикаторами, необходимо, поскольку они позволяют отслеживать изменение динамики и выполнение намеченного плана. Оценка уровня достижения целевых индикаторов была осуществлена на основании расчета коэффициентов результативности по каждому из индикаторов. В работе были рассмотрены четыре индикатора:

1. доля граждан РФ, систематически занимающихся физкультурой и спортом;
2. количество физкультурно-спортивных организаций и центров для занятий спортом, прошедших добровольную сертификацию, на 100 тыс. жителей;
3. количество квалифицированных тренеров и тренеров-преподавателей физкультурно-спортивных организаций, работающих по специальности;
4. доля граждан, занимающихся в специализированных спортивных учреждениях [3].

Показатель комплексной оценки эффективности реализации ФЦП был рассчитан на основании полученных показателей социальной, экономической, бюджетной эффективности, а также данных показателя уровня достижения целевых индикаторов. Также была разработана балльная шкала и соответствующая ей оценочная характеристика. Исходя из полученных расчетным путем значений интегрального показателя, был сделан вывод о том, что с 2006 по 2011 гг. эффективность реализации Программы можно оценить как умеренную, за исключением 2007 г., когда была отмечена низкая эффективность, причинами которой стали бюджетная и социальная неэффективность.

В ходе выполнения работы были достигнуты следующие результаты:

- определены роль и значение физической культуры для экономики и общества;
- проанализировано развитие экономики физической культуры и спорта в XXI веке;
- была разработана методика комплексной оценки эффективности реализации ФЦП «Развитие физической культуры и спорта в Российской Федерации на 2006–2015 годы», на основании которой был сделан вывод о том, что в 2007 г. эффективность реализации программы была оценена как низкая, а в 2006 и с 2008 по 2011 гг. – как умеренная.

Так как в РФ нет единой принятой методики комплексной оценки эффективности реализации федеральных и региональных целевых программ, показатель, введенный в работе, может иметь практическое применение для оценки, к примеру, эффективности реализации региональных программ в сфере физической культуры и спорта РФ.

Литература

1. Галкин В.В. Экономика спорта и спортивный бизнес. Учебное пособие для высших и средних профессиональных учебных заведений физической культуры. – М.: Кнорус, 2006. – 320 с.
2. Счетная палата: необоснованно завышены доходы от гослотереи при формировании ФЦП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://novolot.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=206:--------&catid=2&Itemid=2, своб.

3. Российская Федерация. Федеральные целевые программы. Федеральная целевая программа «Развитие физической культуры и спорта в Российской Федерации на 2006–2015 годы»: утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации от 11 января 2007 г. №7. – М.: КонсультантПлюс. – 118 с.

Сидельникова Ольга Александровна
Год рождения: 1989
Гуманитарный факультет, кафедра прикладной экономики и маркетинга, группа № 6072
Направление подготовки: 080100 – Экономика предпринимательской деятельности
e-mail: geniy_komputerov@mail.ru

УДК 338

ОСОБЕННОСТИ И ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ МАЛЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА БАЗЕ БЮДЖЕТНЫХ НАУЧНЫХ И УЧЕБНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

О.А. Сидельникова
Научный руководитель – д.э.н., профессор О.В. Васюхин

На протяжении многих лет экономика претерпевала изменения. Год за годом люди пытались решить проблемы экономического благосостояния общества.

Страны соперничают между собой за место лидера на международном пьедестале, постоянно развиваясь и укрепляя своих позиций. В своем стремлении одержать победу в конкурентной борьбе они осуществляют выбор наиболее приоритетного направления.

На современном этапе этим направлением для всех развитых стран являются инновации, которые предполагают объединение науки, техники, производственной, финансовой, организационной, социальной и других видов деятельности.

Россия не стала исключением, вступив на этот путь чуть более десяти лет назад. Политика устремилась к развитию конкурентоспособности экономики, в основе которой заложена стратегия повышения качества производимой продукции и услуг и снижение издержек.

При бюджетных научных и учебных организациях начинают создаваться малые инновационные предприятия (МИП), которые постепенно становятся важным элементом инновационной системы. Увязывая между собой науку и производство, они часто берут на себя основной риск, связанный с разработкой нового продукта или технологии. Государственная политика направлена на развитие инновационной активности высших учебных заведений. На сегодняшний день это один из основных условий модернизации экономики страны. Однако, несмотря на всю значимость, МИП сталкиваются с проблемами серьезнее, чем риск результатов деятельности.

Цель исследования – выявление проблем формирования МИП на базе бюджетных научных и учебных организаций и обоснование путей их решения.

Задачи исследования были поставлены следующие:

- проанализировать и обобщить этапы формирования теории инноваций;
- классифицировать инновации и определить влияние малого инновационного предпринимательства на развитие экономики;
- анализ законодательства и государственных программ Российской Федерации;

– изучить опыт поддержки развития малого инновационного предпринимательства других стран;
– на основе изученного материала, выявить проблемы, оказывающие наибольшее влияние на развитие МИПов, и предложить пути их возможного решения.

Объектом исследования являются МИП, создаваемые при бюджетных научных и образовательных учреждениях.

Предмет исследования – особенности и проблемы формирования МИП.

Теория инноваций получила свое развитие в начале XIX века. Развитие теории инноваций можно условно разделить на три этапа:

I этап. 1910–1930 гг. – закладываются особенности теории инноваций; подчеркивается цикличность развития инноваций и влияние нововведений на различные сферы общественной жизни.

Представители: М.И. Туган-Барановский, Н.Д. Кондратьев, Й. Шумпетер, П. Сорокин и др.

II этап. 1940–1975 гг. – отмечается взаимосвязь жизненных процессов, в том числе влияние науки на развитие экономики; формируются факторы, оказывающие наибольшее воздействие на развитие инноваций; повышается роль государства в управлении инновациями.

Представители: Дж. Бернал, С. Кузнец, Б. Твисс, П. Друкер.

III этап. 1975 г. – н.в. – инновации рассматриваются, как возможность выхода из кризиса; происходит классификация инноваций; сравнивается политика различных стран в управлении инновациями; продолжается исследование цикличности инноваций; экономисты и социологи отмечают необходимость взаимодействия государства с рыночными механизмами для дальнейшего развития инноваций.

Представители: Ю.В. Яковец, А.И. Анчишкин, Э. Тоффлер, С.М. Меньшиков.

Инновации в каждой теории приобретали свой смысл, каждый ученый, экономист, либо социолог давал свое трактование понятию «инновации». Автор считает, что существующие на сегодняшний день определения стоит уточнить с учетом выбранной темы исследования. Автор трактует понятия «инноваций» и «инновационной деятельности» следующим образом.

Инновации – это результат реализованной и применяемой на практике идеи, который имеет качественно новые характеристики, призванный усовершенствовать производственные, экономические, социальные, правовые, какие-либо другие процессы, повысить эффективность деятельности, а также дающий положительный эффект.

Особенности инноваций:

– научно-техническая новизна;
– производственная применимость;
– целенаправленность изменений;
– удовлетворение потребностей рынка;
– связь инноваций с интеллектуальной деятельностью;
– стремление к усовершенствованию процессов: экономических, культурных, правовых, организационных и многих других.

Инновационная деятельность – деятельность, направленная на решение экономических, социальных, управленческих и других проблем, путем создания и внедрения, практического применения результатов интеллектуальной деятельности в различных сферах жизни общества, с целью получения нового или усовершенствованного товара, услуги, управления, организации и других процессов.

Сегодня уже не вызывает сомнений тот факт, что инновации заняли устойчивую позицию в стратегической политике развития любой организации. Их внедрение и развитие способствует улучшению эффективности деятельности предприятия, повышению технического уровня развития и качества производимой продукции и, как следствие, повышению конкурентоспособности и экономического роста.

Значение малого инновационного бизнеса с каждым годом только возрастает. Это связано с рядом особенностей, которые ему присущи.

Выделенные особенности:

- малые предприятия осуществляют деятельность с меньшими затратами;
- их мобильность в управлении минимизирует риски;
- эффективно организованы;
- оснащение передовыми информационными и компьютерными технологиями;
- способность кооперироваться с другими компаниями;
- активно сотрудничают с исследовательскими центрами и высшими учебными заведениями;
- малые предприятия легче подстраиваются под изменения рыночных и экономических условий;
- свободное проникновение и функционирование в различных сегментах ранка.

Мировой опыт показывает, что малый бизнес при грамотной государственной и муниципальной политике может обеспечить высокую отдачу от инвестиций в инновационную деятельность. Помимо всего прочего, не стоит забывать, что малый бизнес, как никакой другой, способен оперативно реагировать на изменения рынка, не теряя при этом своих позиций.

Так, например, наибольшее свое развитие малый инновационный бизнес приобрел в таких развитых странах как США, Германия, Китай, Япония, Корея, Франция, Великобритания, Канада, Италия, Австралия и многие др. Эти страны ежегодно несут большие расходы на поддержание развития НИОКР, оставляя их приоритетной статьей государственных расходов. На рис. 1 представлен уровень национальных расходов на НИОКР.

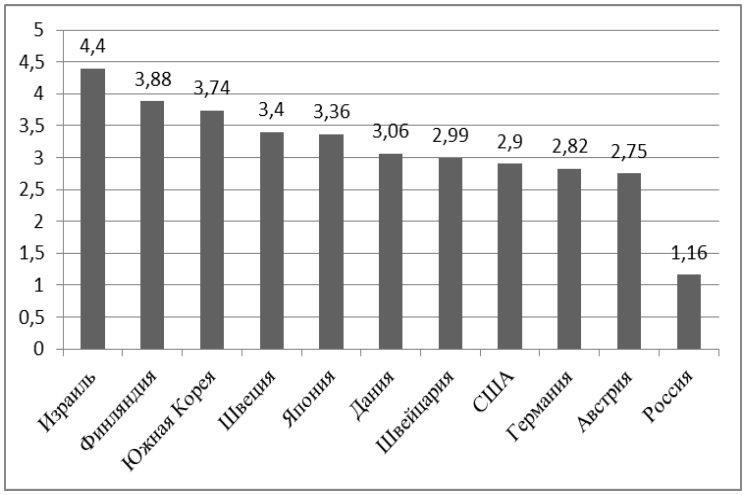


Рис.1. Уровень национальных расходов на НИОКР в процентах от ВВП за 2012 год

Крупные компании также не остаются в стороне от малого бизнеса. Чаще всего у них с малым бизнесом происходит своего рода взаимодействие и поддержка. Корпорации значительно снижают при этом затраты и риски на создание, развитие и внедрение инноваций. Беря за основу результаты деятельности МИП, крупные компании реализуют долговременные инновационные проекты, превращают

единичный продукт в массовый, либо вводят в свое производство новые технологии. Большие же фирмы, в свою очередь, выполняют своеобразную роль координатора деятельности и являются основными потребителями продукции малых фирм.

В таблице представлены показатели, отражающие развитие малого инновационного предпринимательства в России, США и Китае.

Таблица. Развитие малого инновационного предпринимательства в России, в сравнении с развитыми странами на начало 2013 года

Показатели развития	Россия	США	Китай
Доля малого и среднего бизнеса в ВВП страны, %	21–22	50	60
Доля инновационной продукции в производстве, %	5,5	70	40
Количество МИП	1000	17000000	9300
Годовой доход одного МИП, тыс. долларов	84	500	130
Экспорт инновационной продукции, %	0,15	12	24

Как мы видим, Россия значительно отстает от развитых стран.

Государственное регулирование деятельности МИП осуществляется по следующим направлениям: правовое регулирование, налоговая политика и административное управление, и развитие инновационной инфраструктуры.

Правовое регулирование осуществляется с 1996 года, когда был принят Федеральный закон № 127-ФЗ от 23 августа 1996 года «О науке и государственной научно-технической политике». С тех пор законы активно развивались и дополнялись (№ 217-ФЗ от 02 августа 2009 года «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам создания бюджетными научными и образовательными учреждениями хозяйственных обществ в целях практического применения (внедрения) результатов интеллектуальной деятельности»; Федеральный закон № 254-ФЗ от 21 июля 2011 года «О внесении изменений в Федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике» и др., разрабатывались государственные программы и стратегии развития МИП.

Законами регулируются отношения между субъектами научной и научно-технической деятельности, органами государственной власти, потребителями научной и научно-технической продукции, закрепляют за научным работником право участвовать в международном научном сотрудничестве, проходить стажировки за пределами Российской Федерации, публиковать свои труды в своей стране и за ее пределами, получать доход от своей деятельности, а также иметь льготы; регламентируется создание высшими учебными заведениями хозяйственных обществ, учредителями которых они являются и многое другое.

Помимо законодательства, еще одним элементом механизма государственного управления МИП, является развитие инновационной инфраструктуры. В общем случае сюда можно отнести бизнес-инкубаторы, технопарки, технополисы, а также венчурные организации.

Бизнес-инкубатор действует в инновационной сфере путем оказания на льготных условиях услуг: аренды, консультационные услуги по вопросам налогообложения, бухгалтерского учета, кредитования, правовой защиты и развития предприятия, бизнес-планирования, повышения квалификации и обучения; помощь в подготовке учредительных документов и регистрации юридических лиц, маркетинговые услуги и многое другое.

Роль технопарков заключается в оказании консультационных услуг предпринимателей и юристов, предоставление бухгалтерской помощи, телекоммуникационных услуг, инновационные предприятия получают в свое распоряжение производственные площади, участники технопарков пользуются имеющимися льготами и привилегиями, им предоставляются кредиты и другая финансовая поддержка. Технопарки должны создаваться по инициативе вуза или научно-исследовательского института. На рис. 2 показана специализация российских технопарков по состоянию на 2012 год.

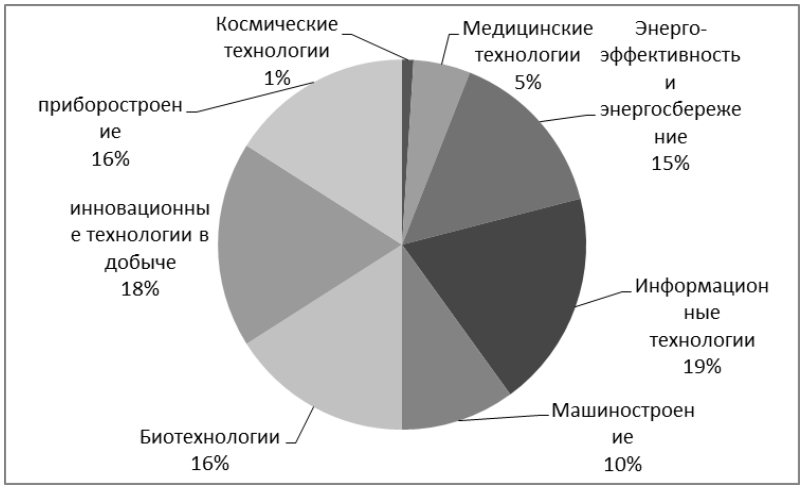


Рис. 2. Специализация российских технопарков по состоянию на 2012 год

Технополисы объединяют в себе ранее указанные формы инновационной инфраструктуры.

Венчурное финансирование является одним из важнейших элементов инновационной инфраструктуры, предназначенное, прежде всего, для компаний, у которых недостаточно средств для внутреннего финансирования своих разработок и возникает необходимость привлечения внешних источников. Среди особенностей венчурного финансирования отметим то, что денежные средства предоставляются без условия возврата их через заранее установленный срок и без выплаты процентов (чаще всего это долгосрочные инвестиции, сроком на 5–7 лет); инвестиции не могут быть изъяты до завершения проекта или жизненного цикла компании; венчурное финансирование отличается высоким уровнем рискованности из-за отсутствия каких-либо гарантий успешного роста начинающей компании; фирмы венчурного капитала являются не только кредиторами, но и собственниками, поскольку обычно часть средств инвестируется в акционерный капитал посредством приобретения не котирующихся на организованном рынке ценных бумаг акций высоко рисковых компаний, находящихся на ранних стадиях развития, с целью получения высокого уровня инвестиционного дохода.

В России данная форма финансирования практически не развита. Автором были выявлены основные проблемы развития венчурного финансирования и предложены решения выявленных проблем.

Проблемы развития венчурного финансирования:

- несовершенство законодательства;
- отсутствие организационного обеспечения;
- низкий уровень развития технической поддержки инновационной деятельности;
- плохая информированность потенциальных инвесторов.

Рекомендации по решению проблем венчурного финансирования:

- разработка законодательных актов с четким понятийным аппаратом, определяющим особенности функционирования венчурных фондов;
- стимулировать спрос предпринимателей на инновационные продукты, путем предоставления государственных гарантий;
- обеспечение технической поддержки предприятий, занимающихся инновационной деятельностью за счет государства;
- создание информационного портала для обеспечения информированности инвесторов.

Прослеживается явное сходство инновационной политики Российской Федерации с политикой развитых стран. Россия идет по аналогичному пути развития. Тогда почему проводимая государством политика не показывает должных результатов? Чем развитие МИП в нашей стране так осложнено?

Ниже представлены основные проблемы формирования малых инновационных предприятий, которые нами были выделены.

Внешние факторы:

1. несовершенство законодательной политики государства;
2. несовершенство системы организационно-правовых форм юридических лиц;
3. отсутствие четко прописанного регламента создания вузами хозяйственных обществ, о целях применения результатов их интеллектуальной деятельности на практике;
4. несовершенство сферы управления инновационной деятельностью;
5. недостаток в финансировании малых инновационных предприятий;
6. плохая развитость инновационной инфраструктуры.

Внутренние факторы:

1. немотивированность преподавателей и научных работников;
2. снижение уровня образовательного процесса;
3. устаревшая материально-техническая база вузов;
4. отсутствие опытных и экспериментальных производств;
5. недостаток производственных площадей;
6. слабая связь университетов с промышленностью, экономикой и социальной сферой региона.

Предложения по решению выявленных проблем следующие.

1. В области законодательства:
   - уточнение понятийного аппарата инноватики;
   - четкое разграничение видов деятельности, в частности, инновационной, для любых организаций, в частности, для вузов;
   - создание автоматизированной системы регистрации МИП в виде единого портала.
2. В области инфраструктуры:
   - создание сети технопарков по примеру Японии;
   - соучастие в создании крупных технополисов на базе бывших НПО и крупных НИИ и ОКБ;
   - введение государственных гарантий защиты для предприятий и других субъектов рыночных отношений, участвующих в венчурном финансировании МИП.
3. В области активизации деятельности вузов:
   - установление налоговых и других льгот для предприятий, заключивших хозяйственные договоры с вузами;
   - выделение отдельной статьей средств на финансирование инновационных разработок в бюджете вузов;
   - разработка единого механизма организации внутривузовских грантов на проведение научных изысканий;

- разработка целевой системы мотивации для работников вузов, участвующих в разработке инновационных проектов;
- обновление за государственный счет материально-технической базы ведущих вузов страны;
- создание на базе вузов частных специализированных агентств, которые будут являться посредниками между государством и научными центрами, в ведении которых разработка и реализация программ и проектов, направленных на развитие науки и техники и взаимодействие с потребителями.

4. Стимулирование импорта в страну иностранных технологий, путем введения закона, предусматривающего проникновение на рынок зарубежных компаний только при условии создания совместных предприятий.

Подводя итог, отметим, что нам удалось обобщить и систематизировать имеющиеся знания о развитии теории инноваций, изученные материалы способствовали выявлению проблем формирования МИП, а предложенные рекомендации позволят значительно сократить разрыв в развитии инновационного потенциала Российской Федерации с другими странами.

Литература

1. Евростат. Европейская комиссия статистики. – 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://epp.eurostat.ec.europa.eu, своб.
2. Махмудова М.М. Инновационная активность малых предприятий на современном этапе экономического развития // Вестник. Вопросы управления. – 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vestnik.uapa.ru, своб.
3. Рейтинг стран мира по уровню расходов на НИОКР. Институт статистики ЮНЕСКО-2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.uis.unesco.org, своб.
4. Федеральная служба государственной статистики. Росстат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru, своб.

Сорокина Виктория Александровна
Год рождения: 1970
Академия методов и техники управления «ЛИМТУ»,
кафедра компьютерные системы управления качеством,
группа № 6403
Направление подготовки: 221400 – Компьютерные системы управления качеством
e-mail: viktoria_sorokin@mail.ru

УДК 69.003.12

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТОИМОСТИ И ТРУДОЕМКОСТИ ПРОЕКТНЫХ РАБОТ

В.А. Сорокина
Научный руководитель – д.э.н., профессор М.М. Хайкин

В условиях рыночной экономики существенно меняется политика в области обоснования договорной цены на проектные работы. Вместе с тем, современный уровень научно-методического обеспечения в сфере ценообразования на создание градостроительной продукции не отвечает современным требованиям. В отечественной

практике используются справочники, в основу которых заложен метод базовых цен [1]. В зарубежных странах с передовой рыночной экономикой почти все методы обоснования стоимости проектов в строительстве базируются на методе трудозатрат [2–4]. Наиболее важным недостатком справочников является тот факт, что в основу цены заложены статистические данные по проектам, выполненным в доперестроечный период. Отсюда вытекает важнейшая проблема недостоверности определения стоимости, недоучет затрат на производство проектов, невозможность оперативной корректировки цены. Но без надежного обоснования стоимости проекта невозможно представить успешную и стабильную работу современного проектного предприятия. Обоснованная и достоверная цена производимой и выпускаемой в рамках рассматриваемого проекта продукции обеспечивает научно-исследовательскому и проектному институту ее востребованность и конкурентную способность, содействует успеху совместных усилий проектировщика и заказчика в достижении конечных целей – выполнении качественного проекта, позволяет предприятию возместить все расходы, связанные с проектированием, обеспечить прибыль. В связи с этим было принято решение, в настоящей работе разработать рекомендации по определению стоимости проектных работ методом трудозатрат с учетом уровня квалификации специалистов. Внедрение нового современного метода в практику определения стоимости градостроительных проектов является на сегодняшний день актуальной задачей, так как обеспечивает преимущества, как для заказчиков, так и для подрядчиков – заказчику позволяет оптимально учесть необходимое время на выполнение проекта, подрядчику – все расходы на проектирование и прибыль.

Областью исследования в настоящей работе является система качества по управлению в научно-исследовательских и проектных организациях технологическими процессами проектного производства на основе положений международных стандартов серии ИСО 9000, соответствующих стандартов и нормативных документов Российской Федерации.

Объект исследования – технологический процесс в научно-исследовательских и проектных организациях для формирования документации системы качества, описывающей технологию выполнения основных видов проектной деятельности как на уровне проектной организации в целом, так и на уровне ее отдельных производственных и функциональных подразделений.

В качестве предмета научного исследования выступают методы определения стоимости и трудоемкости проектных работ.

Цель работы – разработка современного метода определения стоимости проектных градостроительных работ и оплаты услуг участников проекта на основе нормативных показателей трудоемкости проектных работ с учетом уровня квалификации специалистов.

Для реализации поставленной цели были решены следующие основные задачи:

- анализ существующих методов определения стоимости проектов;
- установление критериев для выбора предпочтительного метода;
- обоснование метода определения стоимости проектов по трудозатратам с учетом уровня квалификации специалистов;
- разработка этапов расчета стоимости проектных работ по методу трудозатрат;
- расчет стоимости проекта «Комплексная оценка территории для градостроительного освоения» по методу базовых цен и методу трудозатрат для поселка Ноглики Сахалинской области;
- сравнение методов по критериям выбора и результатам расчетов, определение приоритетного метода.

На основании изучения литературных источников [1–5], связанных с предметом научного исследования, во второй главе было установлено, что при выборе предпочтительного метода для определения стоимости проектных работ необходимо произвести оценку каждого из методов по следующим семи критериям:

1. способность объективно оценивать все расходы на проектирование и обеспечить прибыль;
2. способность достоверно учитывать объемы проектных работ;
3. способность предусмотреть увеличение стоимости проекта при долгосрочном проектировании;
4. способность оценивать стоимость профессиональных услуг;
5. способность содействовать успешным совместным действиям исполнителя и заказчика в достижении конечных целей выполнения качественного проекта;
6. способность обеспечивать вознаграждение за риск;
7. простота и понятность в применении.

В группу из семи оценочных критериев в работе предлагается ввести восьмой критерий – учет уровня квалификации специалистов.

В соответствии с разработанными рекомендациями, технологический процесс расчета стоимости проекта на основе современного метода по трудозатратам с учетом уровня квалификации специалистов предлагается производить поэтапно, используя формулу:

$$C = \frac{з}{k}\sum_{i=1}^{i=n}(m_i t_i),$$

где C – стоимость разработки проектной документации, руб.; з – средняя почасовая ставка заработной платы по проектному институту, руб.; m_i – коэффициент, учитывающий уровень квалификации i-го специалиста; t_i – трудоемкость выполнения i-ой составляющей проектной работы, (чел. час.); k – коэффициент, устанавливающий долю заработной платы в 1 руб. общих затрат на проектные работы (30–65%); n – количество всех технологических действий на проекте, включая действия по организации работ, управлению проектированием и внесение изменений в проектную документацию.

Всего рекомендуется выполнить четыре этапа:

1. выполнить оценку состава работ по проекту;
2. определить состав исполнителей работ по технологическим операциям и действиям;
3. определить объемы предполагаемых работ, оценить трудоемкость;
4. рассчитать себестоимость проектной продукции и установить договорную цену.

В третьей главе работы по разработанным рекомендациям был произведен расчет стоимости проекта «Комплексная оценка территории для градостроительного освоения» для поселка Ноглики Сахалинской области. Для сравнения был выполнен аналогичный расчет по справочнику базовых цен на проектные работы в строительстве [1]. Сравнение двух методов показало, что методу по трудозатратам можно отдать предпочтение как по результатам выполненных расчетов, так и по семи критериям предпочтительности: учитывает все расходы на проектирование и прибыль; объективно отражает объемы работ; квалификационный уровень специалистов, себестоимость работ со временем не меняется; способствует успеху совместных действий исполнителя и заказчика в получении качественного продукта; обеспечивает вознаграждение за риск.

Основные постановочные вопросы работы и результаты научного исследования докладывались и обсуждались на семинаре «Технология, организация и методология проектирования объектов капитального строительства и градостроительства. Определение нормативных показателей трудоемкости, стоимости и времени процессов

проектирования, стандарты СРО» для руководящих работников и специалистов проектно-изыскательских организаций (2012 год, г. Сочи).

Основные выводы:

- необходимо внедрение в практику определения стоимости градостроительных проектов нового, современного метода по трудозатратам с учетом уровня квалификации специалистов;
- разработанный в работе новый, современный метод по трудозатратам достоверно отражает себестоимость проектных работ и прибыль;
- использование нового современного метода на практике позволит изменить характер учета рабочего времени в проектной организации, активизировать технологические процессы на производстве и направить их на соответствие системе качества по управлению технологическими процессами проектного производства на основе положений международных стандартов серии ИСО 9000, соответствующих стандартов и нормативных документов Российской Федерации.

Наиболее эффектно будет применение нового современного метода для проведения технологического нормирования трудоемкости, разработки стандартов качества предприятия, разработки отраслевого и региональных сборников норм на проектные работы.

Направление дальнейшего развития – разработка отраслевой методики определения стоимости разных видов проектных работ на основе расчетов по трудозатратам и на ее основе создание программного обеспечения по управлению ресурсами портфеля заказов, формированию интегрированных показателей.

Литература

1. СБЦП 81-02-03-2001. Справочник базовых цен на проектные работы для строительства. – М.: Минстрой России, 2010. – 85 с.
2. Руководство № 45 Американского общества гражданских инженеров США. – М., 1994. – 152 с.
3. Пособие по подготовке промышленных технико-экономических исследований / Организация ООН по промышленному развитию (ЮНИДО). – М., 1996. – 92 с.
4. Руководство по подготовке проектных программ строительства федеральных зданий № Р 3430 / Администрация общих служб Правительства США. – М.: ЦНИИпроект, 1990. – 98 с.
5. Зыков-Мызин А., Смирнова М. Технологические правила проектирования объектов строительства: МД 3.02-2000: методическое руководство. – М., 2000. – 75 с.

Тутаева Марина Юрьевна
Институт холода и биотехнологий, факультет экономики и экологического менеджмента, кафедра экономики промышленности и организации производства, группа № и6ИМ
Направление подготовки: 080200 – Менеджмент
e-mail: m_a_r_i_s_h_a@mail.ru

УДК 338.45

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОДАЖ ИННОВАЦИОННОГО ПРОДУКТА: ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ И СБЫТ

М.Ю. Тутаевой
Научный руководитель – д.э.н. доцент Л.К. Шамина

Работа посвящена изучению методологии организации продаж инновационного продукта. Предложенная методология организации продаж рассмотрена автором как один из существенных факторов повышения эффективности принятия управленческих решений при реализации инновационного продукта на рынке.

Эффективная организация продаж инновационного продукта позволяет повысить степень коммерциализации инноваций, что является весьма актуальной темой исследования в существующих условиях.

К числу основных результатов работы могут быть отнесены следующие существенные выводы и рекомендации.

1. Систематизированы основные подходы к определению особенностей жизненного цикла продуктовой инновации.
2. Доказана необходимость сокращения инновационного лага – временного разрыва от научно-технической подготовки производства инновационного продукта до точки возврата инвестиций, которая подразумевает рациональное управление организацией продаж инновационного продукта.
3. Выявлены тенденции, свидетельствующие о необходимости использования маркетингового подхода при разработке методов расчета цены на инновационную продукцию, что обеспечит более тесную связь ценовой политики с требованиями и запросами потребителей, их потенциальной платежеспособностью, уровнем жизни, критериями оценки ценностей, и др.
4. Предложен критерий выбора – система сбыта инновационного продукта на основе отнесения такого продукта к определенной категории.

Практическая ценность разработок автора заключается в осуществлении исследования на примере российской компании ОАО «Каравай».

Полученные в работе данные позволяют сделать вывод о том, что предложенный метод ценообразования улучшит показатели работы предприятия в отношении производства рассмотренного в работе продукта.

Наличие недостатков:

1. обращает на себя внимание небольшой объем той части работы, которая посвящена вопросам сбыта. Этого можно бы было избежать, рассмотрев более подробно схемы организации сбыта инновационной продукции;
2. автор справедливо указывает на необходимость введения и использования критерия выбора – система сбыта инновационного продукта на основе отнесения такого продукта к определенной категории. Работа бы выиграла, если бы этот вывод,

имеющий научную новизну, автор представил бы с использованием алгоритмов и схем;

3. представляется необходимым более строгое соблюдение стиля исследования.

В ходе исследования автору удалось собрать и обработать теоретические и фактические материалы по теме исследования, сделать выводы, обладающие определенной научной и практической значимостью.

Филатова Наталья Николаевна
Год рождения: 1989
Академия методов и техники управления «ЛИМТУ»,
кафедра компьютерного проектирования и дизайна,
группа № 6404
Специальность: 230400 – Компьютерная графика и Web-дизайн
e-mail: natalia_f@inbox.ru

УДК 004.353

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ «ИНТЕРАКТИВНОЕ СТЕКЛО»

Н.Н. Филатова
Научный руководитель – к.т.н., профессор Ю.А. Сокуренко

В работе на рассмотрение выдвигалась сама технология системы «Интерактивное стекло», проведение анализа ее компонентов для визуализации информации, а также проведение сравнительного исследования технологий управления визуализации. Проводилась апробация с последующим выявлением рекомендаций и задач для дальнейшего усовершенствования работы системы.

Цель работы – провести анализ средств, благодаря которым можно осуществлять визуализацию информации для системы «Интерактивное стекло» и взаимодействовать с человеком для вывода информации по его запросу.

Были поставлены следующие задачи:

1. изучить систему «Интерактивное стекло» и ее составляющие;
2. провести анализ компонентов, необходимых для визуализации информации;
3. исследовать технологии управления данной визуализацией для взаимодействия с человеком. Провести их сравнение;
4. провести апробацию управления;
5. проанализировать полученные результаты.

Система «Интерактивное стекло» – инновационная интерактивная медиа-платформа, превращающая любую стеклянную поверхность в эффективный информационный инструмент. В свою очередь, она представляет собой диалоговый оконный дисплей, который распознает пользователей, касающихся экрана снаружи, а также людей, проходящих на расстоянии. Система включает проектор и датчик распознавания движения, а также пленку обратной проекции.

Сфера применения изучаемой системы: рекламные кампании (интерактивные витрины в розничных сетях, информационно-рекламное табло на улицах города и т.д.), оформление интерьера, выставки и презентации, интерактивные игры.

В зависимости от сферы применения данной системы «интерактивное стекло», необходимо разрабатывать проекты в виде рекламных роликов, презентаций,

короткометражных фильмов, интерактивные рекламные программные интерфейсы и сложное программное обеспечение для интерактивных систем.

При использовании системы «Интерактивное стекло» (интерактивная витрина) рекомендуется обратная (задняя) проекция. Технология обратной проекции: в основе лежит система проекторов и пленка обратной проекции, которая может быть любой формы и любого размера. На больших углах обзора искажений практически нет. Изображение получается в результате попадания луча света на слой микролинз, где он распространяется на 180º. Пленки, на основе которых делают экраны обратной проекции, выпускают под следующими брендами: 3M (США), «DILAD» (Япония), «Projecta» (Нидерланды) и «Ntech» (Южная Корея). У каждой пленки есть свои особенности, достоинства и недостатки. Данная пленка имеет многослойную структуру и состоит из слоя микролинзы, абсорбирующего слоя черного цвета, слоя прозрачной пленки, а также клеящего слоя, который позволяет приклеить пленку к поверхности.

Для обратного взаимодействия с человеком существует следующие технологии управления визуализации информации для системы «Интерактивное стекло»: сенсорное и управление жестами.

Сенсорное управление включает в себя специальный сенсорный слой – это прозрачная, практически невесомая пленка, которая наносится на любой неметаллизированный материал и создает интерактивную сенсорную витрину. Она работает по принципу «проекционной емкости» (Projected Capacitance). Когда пользователь подносит палец близко к поверхности, то это создает возмущение в электрическом поле. Провес распознается проводами в *X* и *Y* плоскостях, что позволяет точно определить место касания.

Для управления жестами используются датчики движения или специальные камеры распознавания движения (камеры глубины).

В работе были изучены камеры глубины от компании Microsoft и Asus. Далее проведен небольшой анализ их средств разработки (Software Development Kit), а именно OpenNI и Microsoft Kinect SDK. Выявлены недостатки и преимущества данных компонентов и средств разработки.

Проведен сравнительный анализ представленных технологий управления визуализации, данные сведены в таблицу.

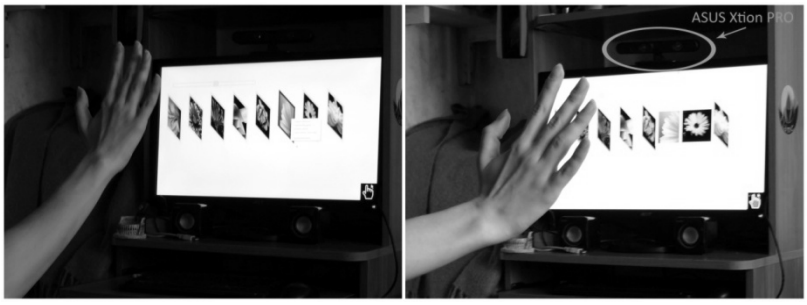
Таблица. Сравнение технологий управления

	Жестовое управление	Сенсорное управление
Дополнительное устройство к проекционной системе	Жестовый контроллер	Сенсорный слой
Тактильная отдача	отсутствует	отсутствует
Преимущества	– простота графического интерфейса; – расширение мультимедийных возможностей; – создание высокого поля погружения (формат)	– простота графического интерфейса; – легкость управления; – оперативность доступа к функциям устройства
Недостатки	– отсутствует тактильная отдача; – при низкой скорости отклика и нечеткого распознавания движения; – возможен вывод не той	– отсутствует тактильная отдача; – высокое потребление энергии; – при использовании экрана не полностью чистыми

	Жестовое управление	Сенсорное управление
	информации	руками использование затрудняется ввиду трудностей движения пальцев, а также образующихся отпечатков пальцев и пятен, если на экране нет специальных покрытий для их нейтрализации
Социологический опрос	38,40% (основная причина низкого процента – непривычность пользователя к данному виду управления)	61,60%
Средняя себестоимость системы на 1 кв.м. без разработки контента	≈ 39 000 рублей	≈ 60 000 рублей

В дальнейшем была проведена апробация перспективной и новой технологии управления визуализации информации для системы «Интерактивное стекло» по средствам жестов как манипулятора курсором мыши. Для этого использовались камера глубины ASUS Xtion PRO и приложение HandGKET, разработанное в апреле 2013 года. Для данной технологии было установлено необходимое программное обеспечение и заданы параметры движения. Демонстрация фильтрации положения руки и управления ей при помощи жеста показана на рис. 1, 2.

Рис. 1. Фильтрация положения руки в приложении HandGKET.
Выделенная область – результат обнаружения руки по одному кадру



а б

Рис. 2. Демонстрация программного обеспечения для управления объектами на экране, при использовании камеры глубины Asus Xtion Pro (а); продемонстрирован жест управления, совершаемый одной рукой (б)

Также изучены методы, которые представлены в диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, А.В. Куракина, в декабре 2012 года:

- метод сегментации жеста во времени;
- выделение ключевых точек по скелету;
- метод медиального представления формы изображения.

После проведения апробации жестового управления эти методы рекомендуется использовать для последующей работы по соблюдению следующих рекомендаций по улучшению работы данной технологии, для дальнейшей перспективы развития данного вида управления визуализацией информации для системы «Интерактивное стекло»:

1. увеличение скорости распознавания движения и скорости отклика на него;
2. улучшение селективности распознавания жестов;
3. минимизация времени, затрачиваемого на распознавание жеста и выдачу команды устройству для проецирования непосредственно на экран «Интерактивного стекла».

Также рекомендуется размещение в контенте подсказок по жестам (не все интуитивные жесты могут отвечать требования по выдаваемой информации).

В заключительной части работы были предложены варианты размещения и реализации с последующей доработкой системы «Интерактивное стекло» для НИУ ИТМО как средство визуализации информации по вузу по запросу пользователя, находящегося по близости с университетом.

Литература

1. Пленки обратной проекции. – 2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.inter-systems.ru, своб. – Загл. с экрана.
2. Scribd. Работа с 3D-камерами. – 2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.scribd.com, своб. – Загл. с экрана.
3. Алфимцев А.Н. Разработка и исследование методов захвата, отслеживания и распознавания динамических жестов. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. – М., 2008. – 167 с.
4. Куракин А.В. Распознание динамических жестов в системе компьютерного зрения на основе медиального представления формы изображений. – Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. – М., 2012. – 108 с.
5. Myoung-kyu Sohn, HandGKET (Hand Gesture Key Emulation Toolkit), Manual. – 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.openni.org/files/handgket/, своб.

Христофоров Марк Витальевич
Год рождения: 1990
Естественнонаучный факультет, кафедра интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере, группа № 6709
Направление подготовки: 230400 – Информационные системы управления образованием
e-mail: markchristoforov@mail.ru

УДК 004.4

РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО WEB-СЕРВИСА ПО ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ДОРОГ

М.В. Христофоров
Научный руководитель – д.ф.-м. н., профессор Р.Г. Баранцев

Недостаток или отсутствие структурированных данных о состоянии дорог затрудняет получение представления о ситуации на предполагаемых маршрутах следования автотранспорта, не узнав ее на практике. Кроме того, даже имея такую информацию и желание ей поделиться, участник дорожного движения скорее всего не найдет удобного способа для ее публикации, контроля ее актуальности, а также внедрения в некое организованное хранилище подобной информации с функциями поиска по нему.

Целью работы – разработка демонстрационной платформы для сбора, хранения, обработки и предоставления оценок пользователей о состоянии дорог. Для ее достижения необходимо решить следующие задачи:

- исследовать предметную область;
- выполнить обзор аналогов и сформулировать требования к разрабатываемому сервису;
- спроектировать систему (функциональная модель, концептуальная модель, модель данных, архитектура системы);
- организовать программную реализацию (выбор технологий, организация частей системы и взаимодействий между ними, создание программного кода).

Объектом исследования является комплекс программных средств и методов, обеспечивающих сбор, хранение, передачу и представление оценок о состоянии дорог. Предметом исследования является комплекс задач, связанных с обеспечением функционирования геоинформационного Web-сервиса, накопления и эффективного использования информационных ресурсов.

В ходе поиска аналогов систем подобного назначения не было найдено ни в начале, ни в конце исследования. Однако для четырех близких по тематике схожих проектов был проведен сравнительный обзор. Кроме того, в ходе начального этапа работы была изучена история проблемы отсутствия аналогичных сервисов до прихода эры Web 2.0 и сформулированы причины для этого.

На этапе проектирования системы были решены подзадачи, касающиеся требований к системе, функционала системы, общей архитектуры, стека технологий, концепции системы, алгоритмов и математического аппарата, инфологической модели данных. К разрабатываемому геоинформационному Web-сервису по оценке состояния дорог предъявлены пять требований, резюмируя которые можно сформулировать, что сервис, сделанный на основе открытых и свободно распространяемых технологий,

должен давать безвозмездную возможность оценивать состояние дороги и просматривать оценки других пользователей. Функционал системы упрощенно сводится к тому, чтобы пользователь мог создавать оценки для участков дорог, оценивать участки, созданные другими пользователями, а также оценивать оценки других пользователей, голосуя за или против. Далее была сформулирована концепция система, в основу которой легло несколько тезисов, которые приведены ниже:

- каждый пользователь может оценивать участки любой длины;
- каждый пользователь может оценивать уже оцененные другими пользователями участки дороги;
- каждый пользователь может влиять на адекватность оценки путем голосования за или против;
- в базе данных хранятся непересекающиеся участки дорог (это обеспечивается при сохранении каждого нового участка).

При рассмотрении подхода к выбору системы оценивания были рассмотрены современные системы оценок, встречающиеся в сети Интернет. В силу социального характера системы рассчитывать на глубокие знания в теории оценивания государственных стандартов по содержанию дорог со стороны пользователя не приходится. Сделав соответствующий обзор, из пяти типовых систем оценивания был выбран способ оценивания, включающий в себя отметку по 5-балльной шкале и текстовый отзыв. Кроме того, была подобрана архитектура системы, являющаяся вариацией стандартной трехзвенной архитектуры «клиент-сервер-приложения-СУБД», расширенная использованием кэша и сторонним источником карт и библиотеками к ним.

После этого был проведен сравнительный обзор различных инструментальных платформ и выбрана та, которая была признана наиболее оптимальной в силу удобства разработки, удовлетворения поставленным требованиям по свободности распространения, широкой поддержки среди провайдеров хостингов, а также наличию достаточного количества технической документации в свободном доступе. Отдельное место имел выбор СУБД, который в ходе исследования был остановлен на PostgreSQL с пространственным расширением PostGIS, поскольку только у нее имелись на тот момент 3D-индексы, более 300 пространственных функций, геометрический анализ пересечений. Далее с точки зрения алгоритмизации и поиска математического аппарата был получен алгоритм для разбиения участков дорог и переноса оценок, выявлены факторы влияния на общую оценку (актуальность, авторитет, голоса). С учетом факторов разработаны формулы для вычисления общей оценки в различных случаях. Кроме того, была заложена основа для поддержки баланса системы. Иллюстрация алгоритма приведена на рис. 1.

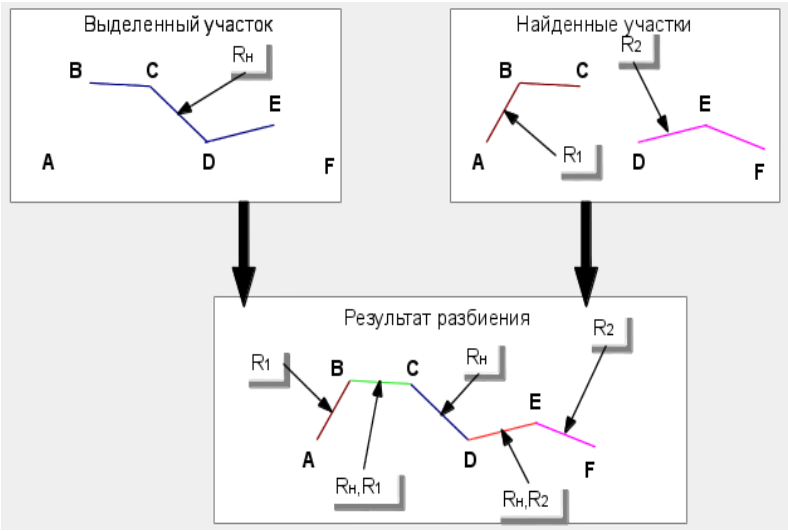


Рис. 1. Разбиение участков и перенос оценок при сохранении нового участка

Прокомментировать данный рисунок можно следующей последовательностью:

1. пользователь выделил участок дороги;
2. система нашла два частично включенных в него участка дороги, к которым уже есть оценки;
3. новые участки сохраняются, а оценки переносятся на них;
4. в результате этого получаем пять участков с разным набором оценок.

Для обеспечения этого была построена модель данных, отраженная в инфологической модели системы, которая будет опущена.

Переходя к программной реализации, были решены следующие подзадачи: организация серверной части, организация клиентской части, организация хранения геоданных, оптимизация клиентской части. Кроме того была разработана демонстрационная платформа с минимальным функционалом. Организация серверной части включает использование фреймворка Zend Framework, вобравшее в себя лучшие практики современных программистов, а также использования таких шаблонов программирования, как Model-View-Controller, Front Controller, Table Data Gateway, Data Mapper, Row Data Gateway, продиктованных этим выбором. Кроме того, разработаны средства автоматизации разработки, добавлена поддержка локализации, кэширования и журналирования событий системы. Клиентская часть представляет собой JS-приложение, составленное из отдельных модулей, объединенных вокруг модуля-ядра. Последний выполняет функции посредника при межмодульном взаимодействии. Схема прототипированного наследования на рис. 2.

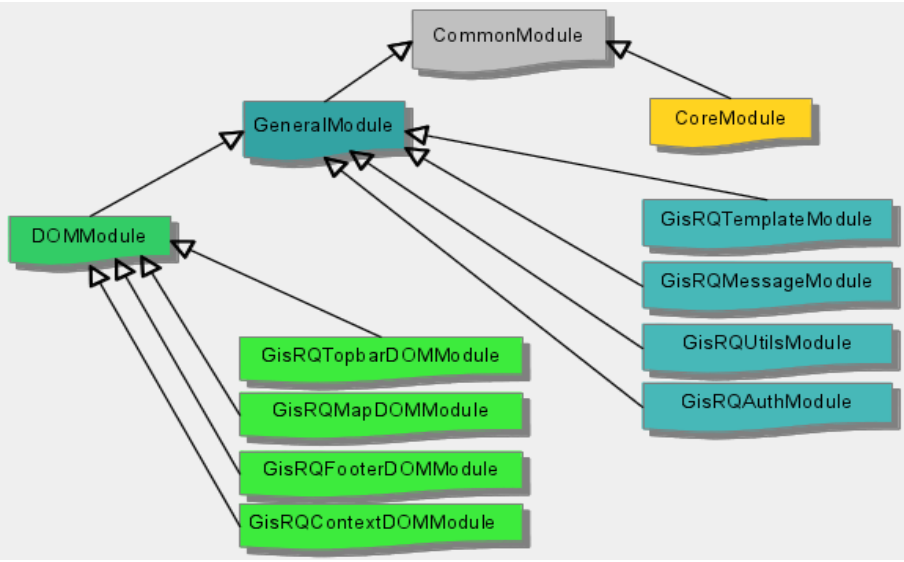


Рис. 2. Схема прототипированного наследования в организации клиентской части приложения

Кроме того, для оптимизации быстродействия клиентской части разработаны политики, направленные на сокращение расходов оперативных запоминающих устройств, вычислений и на балансировку нагрузки между сервером и клиентом. Компилятор JS-кода и JavaScript библиотека-шаблонизатор – играют существенную роль в оптимизации представления. Также был сформулирован подход к оптимизации выборки геоданных, основанный на использовании в кэшировании подхода квадро-дерева (QuadTree), расширенный двухсторонним обходом, при котором первый выявляет общий план обхода, а второй подготавливает кэш.

Таким образом, было проведено исследование предметной области, выполнен обзор аналогов и сформулированы требования к системе, выполнено проектирование, создана демонстрационная платформа (рис. 3). Результаты исследований представлялись и публиковались на протяжении всей работы.

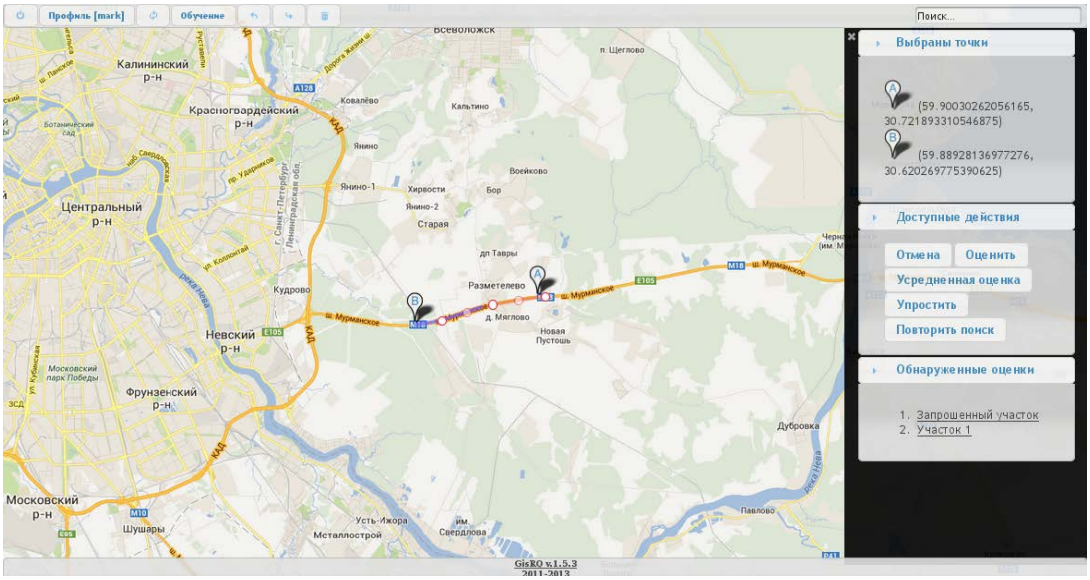


Рис. 3. Выбор участка дороги в демонстрационной платформе

Согласно этим результатам можно считать цель работы достигнутой, однако тему разработанной исчерпывающе – нет. Во многом последнее связано с тем, что демонстрационная платформа не является полноценным геоинформационным Web-

сервисом в том виде, в котором он бы удовлетворил потребности рядового пользователя с точки зрения удобства использования.

Полученные результаты могут найти применение в таких областях, как планирование ремонтов дорог, экологический мониторинг рек, а также в любых областях, где некоторой географической ломанной необходимо соотнести некоторый набор сведений.

Литература

1. О'Рейли Т. Что такое Веб 2.0? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.computerra.ru/think/234100/, своб.
2. Дубинин М.Ю., Рыков Д.А. Открытые настольные ГИС: обзор текущей ситуации // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. – 2009. – № 5(72). – С. 20–27.
3. Христофоров М.В., Шишкин А.Р. Геоинформационный веб-сервис по оценке качества дорог // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых. – Вып. 3. Труды молодых ученых. – 2012. – С. 7.
4. Obe R.O., Hsu L.S. PostGIS in Action. Organization, programming and application. – Stamford, 2011. – 522 p.
5. Документация Google Maps API. Формат алгоритма зашифрованных ломаных линий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developers.google.com/maps/documentation/utilities/polylinealgorithm?hl=ru-RU, своб.
6. Шекхар Ш., Чаула С. Основы пространственных баз данных / Пер. с англ. – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2004. – 336 с.
7. Документация MySQL 5.6. Spatial Extensions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://dev.mysql.com/doc/refman/5.6/en/spatial-extensions.html, своб.
8. Ramsey P. What's New in PostGIS 2.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://s3.cleverelephant.ca/foss4gna2012-postgis2.pdf, своб.
9. Документация MongoDB. Пространственные индексы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mongodb.org/display/DOCS/Geospatial+Indexing, своб.
10. Свободная энциклопедия «ВикипедиЯ». Статья о R-tree [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/R-tree, своб.
11. Документация OpenStreetMaps. Описание подхода квадродерева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/QuadTiles, своб.
12. Документация PostGIS. Документация PostGIS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://trac.osgeo.org/postgis/, своб.
13. Appleton B. Google Geo Team, with contributions from Lary Stucker. Using PHP/MySQL with Google Maps. «Maps API Developer». – 2007 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://code.google.com/intl/ru-RU/apis/maps/articles/phpsqlajax.html, своб.
14. Svennerberg G. Beginning Google Maps API 3. – APRESS, 2010. – 310 c.

Цукурова Нина Анатольевна
Год рождения: 1989
Институт холода и биотехнологий, факультет криогенной техники и кондиционирования, кафедра криогенной техники, группа № и6КТ
Направление подготовки: 141200 – Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения
e-mail: nina-saharok@mail.ru

УДК 54-145.56

ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ХРАНЕНИИ

Н.А. Цукурова
Научный руководитель – д.т.н., профессор Е.И. Борзенко

В работе проводится детальное исследование задачи об изменении концентрации компонентов сжиженного природного газа (СПГ), что связано с очень высокой вычислительно-математической точностью. В связи с этим цель работы была весьма актуальной, а тот факт, что большая часть работы посвящена описанию алгоритма и программного обеспечения расчета фазового равновесия численным методам, является весьма уместным. Алгоритм отражает качественную картину изменения состава СПГ при длительном хранении.

Сжиженный природный газ является одним из альтернативных видов энергоресурсов и может применяться в качестве ракетного и авиационного топлива, поскольку СПГ, как горючее, имеет ряд преимуществ, при использовании вместо ракетного керосина. Перспективность его применения определяется уникальными физико-химическими и экологическими свойствами, большими разведанными и разработанными запасами. Хранение жидких криопродуктов в емкостях связано с непрерывным изменением их параметров. Наличие теплопритока из окружающей среды приводит к испарению и потере продукта. Существует необходимость накапливать большие массы сжиженных газов и длительное время их хранить с минимальными потерями (а в некоторых случаях и вообще без потерь). При длительном хранении СПГ имеет место изменение его состава, в связи с этим необходимо рассчитывать фазовое равновесие для определения состава компонентов при изменении давления и количества криопродукта в емкости. Есть основания полагать, что на определенном этапе расчета есть вероятность образования гелей (студенистого осадка) в емкости, который может забивать топливную аппаратуру, для этого необходимо иметь картину изменения состава СПГ для дальнейшего химического расчета. Исходя из этого, исследование зависимости изменения состава СПГ при длительном хранении является актуальной задачей настоящей работы, имеющей важное практическое значение.

Цель работы – создание алгоритма и методики расчета парожидкостного равновесия углеводородсодержащей смеси и процессов, протекающих в емкости при длительном хранении в ней жидкого криопродукта.

Для решения поставленной задачи был использован широкий круг источников по данному вопросу, в том числе по уравнениям состояния углеводородсодержащих смесей и их применимости к расчету парожидкостного равновесия для определения конечного состава задаваемой смеси.

Методы исследования. Для расчета состава (концентрации) компонентов смеси необходимо применять методы определения парожидкостного равновесия, которые подразделяются на экспериментальные и аналитические, требующие специальной техники или сложных программ для расчета. Основным способом аналитического изучения количественных характеристик является определение констант фазового равновесия, необходимых для расчета концентраций компонента в одной фазе при условии знания концентрации одного и того же компонента в другой фазе. Все расчеты в работе проводятся на языке программирования_FORTRAN.

Структура и объем работы. Во введении приведены основные аспекты и предпосылки использования СПГ, рассмотрены проблемы, возникающие при хранении криопродуктов в жидком виде.

В первой главе описаны области применения СПГ; приведена характеристика природных газов, используемых для получения сжиженного природного газа, а также показатели качества СПГ, исходя из которых выбирался компонентный и объемный (мол. доли) состав, в качестве исходных данных для расчета. Произведен литературный обзор по уравнениям состояния, применяемым для расчетов фазового равновесия и рекомендациям по их использованию. Обоснования применения уравнения состояния Редлиха–Квонга в модификации Соаве.

Во второй главе представлены величины, полученные в результате расчета чистого компонента – метан. Данные действия необходимы были для проверки правильности написания алгоритма и результатов счета, так как табличные данные имеются только для чистых веществ, а не для смесей. Результат вычислений показал, что отклонение значений таких величин как плотность пара и плотность жидкости не выходит за предельно-допустимую величину погрешности и составляет 0,1–4% при изменении величины давления. Предложенный в данной работе алгоритм расчета фазового равновесия можно применять для расчета смесей, состоящих из углеводородов, входящих в состав СПГ, и анализировать влияние этих примесей в исходной смеси.

В третьей главе приведены таблицы с величинами, полученными в результате расчета изменения концентраций следующих смесей:

- смесь № 1 – CH_4–метан [98%], C_2H_6–этан [1%], C_3H_8–пропан [0,5%], C_4H_{10}–бутан [0,35%], C_5H_{12} –пентан [0,15%];
- смесь № 2 – CH_4–метан [92%], C_2H_6–этан [4%], C_3H_8–пропан [2%], C_4H_{10}–бутан [1,7%], C_5H_{12} –пентан [0,3%];
- смесь № 3 – CH_4–метан [88%], C_2H_6–этан [7%], C_3H_8–пропан [2,5%], C_4H_{10}–бутан [2%], C_5H_{12} –пентан [0,5%].

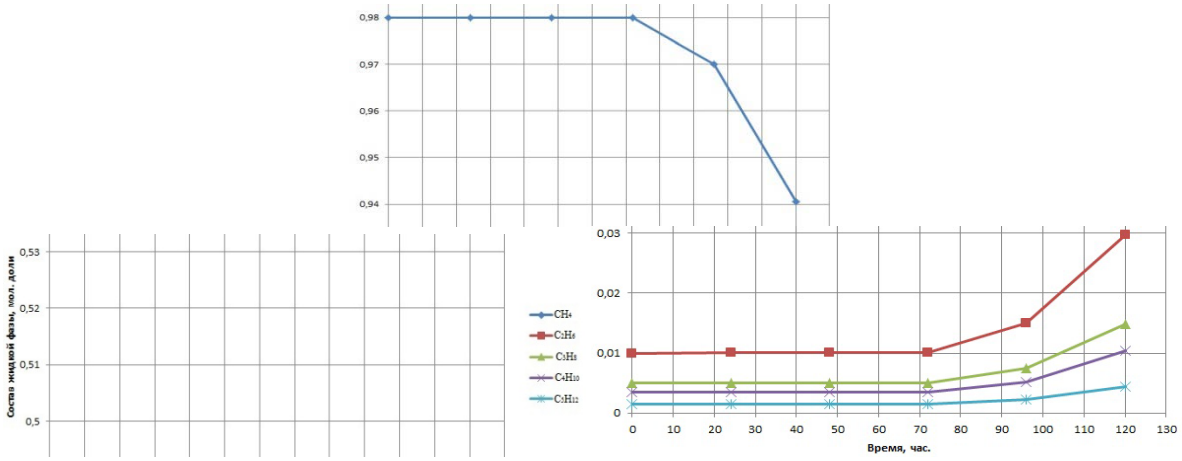


Рисунок. Изменение состава смеси № 1 при длительном хранении

Четвертая и пятая главы содержат следующие приложения: расчет фазового равновесия углеводородсодержащей смеси и расчет состава криопродукта при его длительном хранении при заданном давлении. Приложения представлены на языке программирования FORTRAN.

В заключении приводятся выводы о применимости предложенного алгоритма для решения задач, связанных с длительным хранением СПГ. Проанализированы величины, полученные в ходе расчетов.

Основные выводы:

1. приведенные в работе методы и алгоритмы предназначены для расчета фазового равновесия (давлений и температур насыщения p_s, T_s, а также плотностей и концентраций компонентов равновесных фаз) многокомпонентных смесей переменных составов, состоящих из углеводородов. Расчетная область ограничена диапазоном давлений $0{,}1<P\leq 0{,}25$ МПа, что соответствует давлению в емкости при хранении криопродукта;
2. для расчета фазового равновесия смеси в настоящей методике используется алгоритм на базе уравнения состояния Редлиха–Квонга в модификации Соаве. Принимая во внимание, что в состав СПГ входит львиная доля метана (CH_4) – 92±6% по объему, первоначально был произведен расчет для чистого вещества (метана), чтобы проверить правильность составления алгоритма расчета парожидкостного равновесия. Результат вычислений показал, что отклонение значений таких величин как плотность пара и плотность жидкости не выходит за предельно-допустимую величину погрешности и составляет 0,1–4%. (При проверке использовалось вириальное уравнение Боголюбова–Майера. Далее проведены расчеты, связанные с парожидкостным равновесием смеси, состоящей из пяти компонентов (метан, этан, пропан, бутан и пентан). Из графиков зависимостей видно, что с ростом давления от 0,1 МПа до 0,25 МПа увеличивается температура насыщения метана, плотность жидкости уменьшается (424,1–402,8 кг/м^3), а плотность пара увеличивается (1,8–4,8 кг/м^3);
3. при хранении сжиженного природного газа в течение пяти дней наблюдается изменение концентрации компонентов смеси, которое носит следующий характер: в связи с наличием теплопритока из окружающей среды в первую очередь будет испаряться низкокипящий компонент, в данном случае метан (CH_4); на графиках-зависимостях (рисунок) видно, что его концентрация с течением времени уменьшается. Оставшаяся жидкость будет обогащаться высококипящими компонентами, такими как пентан, бутан, пропан и этан. Алгоритм расчета отражает качественную картину изменения концентрации этих компонентов.

Литература

1. Акулов Л.А., Борзенко Е.И., Зайцев А.В. Теплофизические свойства и фазовое равновесие криопродуктов. Справочник. – СПб: СПбГУНиПТ, 2009. – 566 с.
2. Борзенко Е.И., Зайцев А.В. Установки и системы низкотемпературной техники. Автоматизированный расчет и моделирование процессов криогенных установок и систем. Учебное пособие. – СПб: СПбГУНиПТ, 2006. – 222 с.
3. Акулов Л.А. Установки и системы низкотемпературной техники. Ожижение природного газа и утилизация холода сжиженного природного газа при его регазификации. Учебное пособие. – СПб: СПбГУНиПТ, 2006. – 173 с.
4. Архаров А.М., Марфенина И.В., Микулин Е.И. Криогенные системы. – Т.1: Основы теории и расчета. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1996. – 575 с.

5. Архаров А.М., Архаров И.А., Беляков В.П., Бондаренко В.Л., Микулин Е.И. и др. Криогенные системы. – Т. 2: Основы проектирования аппаратов, установок и систем. – М.: Машиностроение, 1999. – 718 с.
6. Холодковский С.В. Транспортирование и хранение жидких криопродуктов. – Ч. 1. Учебное пособие. – 2-е изд., исправл. – СПб: СПбГУНиПТ, 2008. – 116 с.
7. Ильинский А.А. Транспорт и хранение промышленных сжиженных газов. – М.: Химия, 1976. – 160 с.
8. Уэйлес С.М. Фазовые равновесия в химической технологии: в 2 ч. – М.: Мир, 1989. – Ч.1. – 301 с.; Ч.2. – 360 с.
9. Филин Н.В., Буланов А.В. Жидкостные криогенные системы. – Л.: Машиностроение, 1985. – 244 с.
10. Беляков В.П. Криогенная техника и технология. – М.: Энергоиздат, 1982. – 272 с.
11. Баталин О.Ю., Брусиловский А.И., Захаров М.Ю. Фазовые равновесия в системах природных углеводородов. – М.: Недра, 1992. – 272 с.
12. Малков М.П., Данилов И.Б., Зальдович А.Г., Фрадков А.Б. Справочник по физико-техническим основам криогеники. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 432 с.
13. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. – Л.: Химия, 1982. – 592 с.
14. Карапетьянц М.Х. Химическая термодинамика. – М., Л.: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1949. – 583 с.
15. Коган В.Б., Фридман В.М., Кафаров В.В. Равновесие между жидкостью и паром. – М.: Наука, 1966. – 1440 с.
16. Бошнякович Ф. Техническая термодинамика. – Ч. 2. – М., Л.: Государственное энергетическое издательство, 1956. – 255 с.
17. Katz D.L., Firoozabadi A. Predicting Phase Behavior of Condensate/Crude-Oil Systems Using Methane Interaction Coefficients // Journal of Petroleum Technology. – 1978. – P. 1649–1655.
18. Patel N.C., Teja A.S. A new cubic equation of state for fluids and fluid mixtures // Chem. Eng. Sci. – 1982. – V. 37. – P. 463–473.
19. Soave G. Equilidrium constants from a modified Redlich-Kwong equation of state // Chem. Eng. Sci. –1972. – V. 27. – P. 1197–1203.
20. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://lngas.ru/life-safety-lng/problemy-termodinamika-spg.html, своб.
21. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://lngas.ru/lng-storage/rezervuary-xranenie-spg.html, своб.
22. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.znaytovar.ru/gost/2/PB_0834200_Pravila_bezopasnost.html, своб.

Шиганов Алексей Васильевич
Год рождения: 1990
Естественнонаучный факультет, кафедра интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере, группа № 6709
Направление подготовки: 230400 – Информационные системы в управлении образованием
e-mail: shiganovalex@gmail.com

УДК 004.9

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ УЧЕБНЫХ И НАУЧНЫХ ЦЕЛЕЙ

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

В работе приводятся результаты исследования технологий позиционирования и разработки программно-аппаратного комплекса, решающего задачу высоко точного позиционирования. **Цель работы** – разработать такую систему позиционирования, которая позволяла бы в реальном времени отслеживать:

- поперечную, продольную и вертикальную координату;
- горизонтальный и вертикальный угол;
- линейные ускорения;
- угловые скорости.

Оборудование должно иметь следующие диапазоны измеряемых величин:

- по продольной координате 0–50 м;
- по поперечной координате 0–50 м;
- по вертикальной координате 0–2 м;
- по горизонтальным углам 0º–360º;
- по вертикальным углам 0º–360º;
- по линейным ускорениям 1 м/с^2;
- по угловой скорости 10º/с.

Оборудование должно иметь абсолютные погрешности измерения и регистрации не выше при доверительной вероятности 95%:

- по линейным координатам ±0,002 м;
- по угловым величинам ±0,2º;
- по линейным ускорениям ±0,02 м/с^2;
- по угловой скорости 0,2º/с.

Требования к условиям эксплуатации:

- температура, от +30 до –10 Cº;
- влажность, % до 98;
- давление, кПа 96–104.

При этом цена должна быть существенно ниже аналогов.

Первоначально планировалось разработать радарный комплекс. Был проведен расчет подобной системы. Оказалось, что для обеспечения требуемой точности необходимо использовать волны с длиной волны, находящиеся в миллиметровом диапазоне, к ним относятся ультразвуковые, инфракрасные и миллиметровые сверхвысокочастотные (СВЧ) волны. Однако систем позиционирования на

миллиметровых СВЧ волнах для внутренних помещений не существует. Это связано с необходимостью использовать крупногабаритную антенну и вредностью СВЧ для человека, более того, такие волны обладают низкой устойчивостью к помехам. Использовать систему на основе лазеров неудобно из-за ее низкой скорости, громоздкости и сложности реализации.

Следовательно, понадобился более детальный анализ существующих технологий. Помимо радиотехнологий были проанализированы лазерные технологии, среди которых можно выделить LiDAR (2D- и 3D-лазерные сканеры), а также системы, построенные на основе лазерных дальномеров, ультразвуковые технологии позиционирования, инфракрасные (InDoorGPS) системы позиционирования, основанные на распознавания видеоизображения, а также системы позиционирования, основанные на инерциальных измерительных модулях. При сравнении были выделены основные критерии, такие как точность дистанции работы и частота передачи данных (сравнение по частоте необходимо для обеспечения требуемой точности в динамических системах), если эти критерии удовлетворяли требованиям, проведен также анализ стоимости.

Результатом такого сравнения стали данные представленные в табл. 1.

Таблица 1. Сравнительные характеристики различных технологий

Технология	Точность	Дистанция, м	Частота
Спутник	6–15 м	∞	1 Гц
Лазерная	0,5 мм	500	7 Гц
Инфракрасное	0,5 мм	10–20	50 Гц
Ультразвуковое	0,5 мм	3–10	50 Гц
Активные RFID	1–3 м	20–100	
NFER	0,5 м	20–30	
UWB	10 см	10	10 Гц
РТЛС (ISO 24730-5)	1 м	30	1 Гц
Видеопозиционирование	0,2 см	50	400 Гц
Инерциальная	2 ми	–	2,5 кГц

Подводя итог сравнения можно сказать, что для решения данной задачи подходит:

- видеопозиционирование – цена такой системы составляет 10 000 000 руб.;
- инфракрасные технологии – здесь рассматривалась разработка компании Nicon iGPS – цена этой системы составляет 8 300 000 руб., разработка аналога будет стоить не меньше;
- ультразвуковые технологии – такие системы успешно применяются, однако на малом пространстве (площадью около 5 м^2), расширить такую систему на требуемую площадь стоит от 4 000 000 руб.;
- инерциальные технологии – стоимость такой системы не превышает 500 000 руб., более того такая система обладает самой высокой скоростью, также она не требует установки передатчиков вне модели.

Исходя из проведенного анализа, было принято решение использовать инерциальную систему позиционирования.

Следующим этапом разработки стал подбор аппаратной части, было проведено сравнение существующих модулей, а также возможность использования нового, экспериментального.

Новый опытный инерционный модуль будет обладать худшими параметрами, чем приобретенный. Следовательно, необходимо провести сравнительный обзор гироскопов и акселерометров, представленных на рынке и осуществить необходимый выбор.

Основные производители подобных устройств перечислены ниже, это:

- Epson;
- Bosch Sensortec;
- MotionNode;
- Analog Devices.

Если использовать независимые гироскопы и акселерометры, возникает необходимость разрабатывать собственную плату на основе микроконтроллера. Это сильно усложнит разработку и займет дополнительное время. Инерциальные измерительные модули представляют собой интегрированный прибор, соединяющий в одном корпусе трехосевой гироскоп и также трехосевой акселерометр, кроме того, он может быть оснащен магнитометром, барометром и датчиком температуры. Использование такого устройства наиболее удобно, поскольку нет необходимости подключать два независимых устройства и синхронизировать их. Рынок предлагает большое количество различных устройств.

Результатом этого этапа стала сравнительная табл. 2.

Таблица 2. Результаты этапа

Устройство	Разрешение гироскопа, °/с	Разрешение акселерометра, г	Точность гироскопа, °/с	Точность акселерометра, мг	Частота	Интерфейс
ADIS16480	+/–450	±10	0,02	0,8	9,84 кГц	SPI
ADIS16485	+/–450	±5	0,02	0,25	9,84 кГц	SPI
M-G350-PD11	+/–300	±3	0,0125	0,125	1 кГц	SPI
3-DOF	±2000	±(2–6)	0,07	0,19	100 Гц	USB
BMI055	±125–2000	±(2–16)	0,004	0,97	1 кГц	SPI

Для решения задачи измерения параметров движения модели судна был выбран модуль ADIS16480. Готовые решения других производителей (MotionNode, ТеКнол), поставляемые и производимые в России, не удовлетворяют решаемой задаче по точности измерения и скорости передачи данных.

ADIS16480 – инерциальный измерительный модуль с цифровым выходом, содержащий трехосевой гироскоп с динамическим диапазоном ±450°/с, трехосевой акселерометр с диапазоном измерения ±10 г, трехосевой магнитометр с диапазоном измерения ±2,5 Гс, датчик давления, работающий от 300 мБар до 1100 мБар, и датчик температуры.

Выполненная в заводских условиях калибровка температурного дрейфа смещения нуля акселерометра и гироскопа обеспечивает высокую стабильность инерциальных датчиков и магнитометра в диапазоне от –40 до +70°С (температурный коэффициент у гироскопа ±35 мм.рт.ст/°С, у акселерометра ±25 мм.рт.ст/°С, у магнитометра ±275 мм.рт.ст/°С).

Основной особенностью ADIS16480 является наличие блока цифровой обработки, в котором реализован алгоритм фильтра Калмана, осуществляющий коррекцию

выходных данных гироскопа на основании информации, полученной от акселерометров и магнитометров. Также в блоке реализованы алгоритмы преобразования выходных данных с инерциальных датчиков в навигационную информацию (углы рыскания (ψ), крена (φ) и дифферента (θ)).

Однако даже, несмотря на высокую точность выбранного инерциального измерительного модуля, он обладает случайной ошибкой, поэтому для устранения этой ошибки необходимо было использовать два инерциальных измерительных модуля и компенсировать данные между ними. Для этих целей был разработан алгоритм комплексирования, основанный на фильтре Кальмана, представленный на рис. 1.

Рис. 1. Обобщенный алгоритм комплексирования информации

Основными элементами алгоритма являются:

1. с помощью фильтра Калмана производится рекуррентная фильтрация потока данных от каждого источника информации;
2. в результате работы фильтра Калмана рассчитываются погрешности оценки параметра от каждого из источников;
3. на основе погрешности оценки параметра рассчитывается вес источника (чем больше погрешность оценки, тем с меньшим весом она используется), сумма весов равна единице (100%);
4. определяется взвешенная сумма оценок параметра, полученных от разных источников;
5. взвешенная сумма оценок параметра также сглаживается фильтром Калмана.

Основная особенность этого алгоритма заключается в том, что необходимым условием является близкий уровень погрешностей исходных источников параметра. В

противном случае (уровень погрешностей исходных источников параметра значительно различается) снижения погрешности оценки параметра в результате комплексирования не происходит, погрешность оценки параметра оказывается в интервале между наименьшей и наибольшей погрешностью исходных источников. Поскольку два инерциальных модуля имеют практически одинаковую ошибку, то данный алгоритм идеально подходит для решения данной проблемы, использование этого алгоритма позволяет получить точность выше, чем у каждого из инерциальных измерительных модулей. Более того этот алгоритм можно использовать для уточнения данных с другой системы позиционирования.

Однако основная задача, которую должна выполнять система – это расчет линейных координат. Для этого был адаптирован и реализован математический аппарат.

Расчет линейных ускорений производится в два этапа. Сначала на основе измеренных акселерометром ускорений рассчитывается скорость, затем, проинтегрировав скорость, рассчитывается перемещение. Зная перемещение и угол относительно начальной точки движения модели судна (начала отсчета), можно рассчитать линейные координаты.

В качестве проектирования математического аппарата предложен алгоритм, представленный на рис. 2 для оси X (аналогично по осям Y и Z).

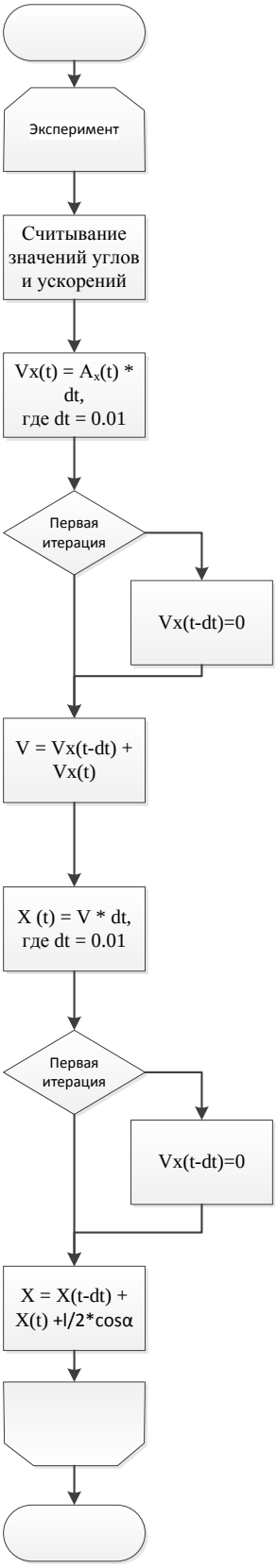


Рис. 2. Алгоритм расчета линейной координаты *X* (аналогичные для *Y* и *Z*)

Сначала на основе измеренных акселерометром ускорений рассчитывается скорость, затем, проинтегрировав скорость, рассчитывается перемещение. Зная перемещение и угол относительно начальной точки движения модели судна (начала

отсчета), можно рассчитать линейные координаты. Таким образом, выполняются следующие действия.

Шаг 1. С помощью акселерометров, установленных в инерционном модуле ADIS16480, производится считывание значения ускорения по оси *X*, *Y* и *Z*, а с помощью торосового гироскопа, установленного в том же модуле, производится считывание угловых скоростей.

Шаг 2. Считанное значение ускорения $A_x(t)$ сохраняется в ячейке памяти (аналогично по осям *Y* и *Z*).

Шаг 3. За момент времени *dt* (приращение времени) по измеренному значению ускорения $A_x(t)$ рассчитываем текущее значение проекции вектора скорости на ось *X* (аналогично по осям *Y* и *Z*):

$$V_x(t) = A_x(t)dt,$$

где $V_x(t)$ – текущее значение проекции вектора скорости на ось *X*; $A_x(t)$ – измеренное значение проекции ускорения на ось *X*; *dt* – значение приращения времени (принято *dt*=0,01).

Шаг 4. Проводится проверка выполнения следующего условия – выполняется первая итерация алгоритма («первый проход»). Если условие выполняется – «Да», то переходим к шагу 5, если условие не выполняется – «Нет», то переходим к шагу 6.

Шаг 5. Если условие шага 4 алгоритма выполняется – «Да», то переходим к данному шагу и приравниваем текущее приращение проекции вектора скорости по оси *X* к нулю (аналогично по осям *Y* и *Z*):

$$V_x(t–dt)=0.$$

Шаг 6. Если условие шага 4 алгоритма не выполняется – «Нет», то переходим к следующему шагу и рассчитываем текущую проекцию вектора скорости по оси *X* (аналогично по осям *Y* и *Z*):

$$V = V_x(t–dt) + V_x(t),$$

где *V* – текущее значение проекции вектора скорости на ось *X*; $V_x(t–dt)$ – текущее значение приращения проекции вектора скорости на ось *X*; $V_x(t)$ – значение проекции вектора скорости на ось *X*, полученное в прошлой итерации алгоритма.

Шаг 7. Проводится расчет текущей координаты *X* (аналогично по осям *Y* и *Z*):

$$X(t) = Vdt,$$

где $X(t)$ – текущее значение координаты *X*; *V* – текущее значение проекции вектора скорости на ось *X*; *dt* – значение приращения времени (принято *dt*=0,01).

Шаг 8. Аналогично шагу 4 на этом этапе алгоритма проводится проверка выполнения следующего условия – выполняется первая итерация алгоритма («первый проход»). Если условие выполняется – «Да», то переходим к шагу 9, если условие не выполняется – «Нет», то переходим к шагу 10.

Шаг 9. Если условие шага 8 алгоритма выполняется – «Да», то переходим к данному шагу и приравниваем текущее приращение координаты по оси *X* к нулю (аналогично по осям *Y* и *Z*):

$$X(t–dt) = 0.$$

Шаг 10. Если условие шага 8 алгоритма не выполняется – «Нет», то переходим к данному шагу и рассчитываем текущие координаты по осям *X*, *Y*, *Z*:

$$X(t)=X\,(t–dt)+(V_x(t–dt)+A_x(t)dt)dt + l/2\cos\alpha,$$

$$Y(t)=Y(t–dt)+(V_y(t–dt)+A_y(t)dt)dt + l/2\cos\beta,$$

$$Z(t)=Z(t–dt)+(V_z(t–dt)+A_z(t)dt)dt + 1/2\cos\gamma,$$

где $X(t)$, $Y(t)$, $Z(t)$ – текущие координаты по осям *X*, *Y*, *Z*; $X(t–dt)$, $Y(t–dt)$, $Z(t–dt)$ – текущее приращение координат по осям *X*, *Y*, *Z*; $V_x(t–dt)$, $V_y(t–dt)$, $V_z(t–dt)$ – текущее приращение проекции вектора скорости на оси *X*, *Y*, *Z*; $A_x(t)$, $A_y(t)$, $A_z(t)$ – считанное значение ускорения по осям *X*, *Y*, *Z*; *dt* – значение приращения времени (принято

dt=0,01); α – угол между осями *X* и *X*1 (угол рыскания, получаем от инерционного модуля ADIS16480); β – угол между осями *Y* и *Y*1 (угол тангажа, получаем от инерционного модуля ADIS16480); γ – угол между осями *Z* и *Z*1 (угол крена, получаем от инерционного модуля ADIS16480).

По окончании выполнения шага 10 алгоритма производится возврат к шагу 1, и т.д. Таким образом, через дискретный интервал времени *dt* (принято *dt*=0,01) производится расчет текущих координат модели судна по осям *X, Y, Z*.

Программная реализация производилась на языке LabVIEW, выбор был обусловлен наличием модулей LabVIEW Real-Time или LabWindows™/CVI Real-Time, которые позволяют создавать приложения, работающие в реальном времени на операционной системе Windows, несмотря на то, что операционная система Windows не является системой реального времени. Другими словами LabVIEW Real-Time позволяют создавать приложения на LabVIEW, работающие в реальном времени.

Финальным этапом разработки стал эксперимент, целью которого было показать эффективность системы. Основным критерием эффективности является точность расчета координат. Для того чтобы проверить точность определения линейных координат был разработан специальный аппаратный комплекс, цель которого – точно отслеживать координаты в реальном времени.

Комплекс представляет собой стенд для тестирования, который состоит из ровной горизонтальной поверхности большой площади, обклеенной миллиметровой бумагой и платформы, которая может свободно передвигаться в двух направлениях, параллельных вышеописанной поверхности. На платформе вертикально установлен пишущий предмет таким образом, чтобы при движении платформы, он постоянно рисовал траекторию ее движения. Помимо этого, на платформе предусмотрено место для установки тестируемого оборудования (два инерциальных измерительных модуля).

Эксперимент по определению погрешности измерения проводится следующим образом. После сборки и установки на платформу и включения тестируемого оборудования, платформа начинает двигаться. Она приводится в движение электромоторами или путем толкания ее человеком. Таким образом, платформа двигается в течение 30 мин. После чего след, нарисованный платформой, вручную вводится в персональный компьютор, где результаты сравниваются с данными, полученными в результате пересчета данных с инерциальных измерительных модулей. Результат такого эксперимента представлен на рис. 3.

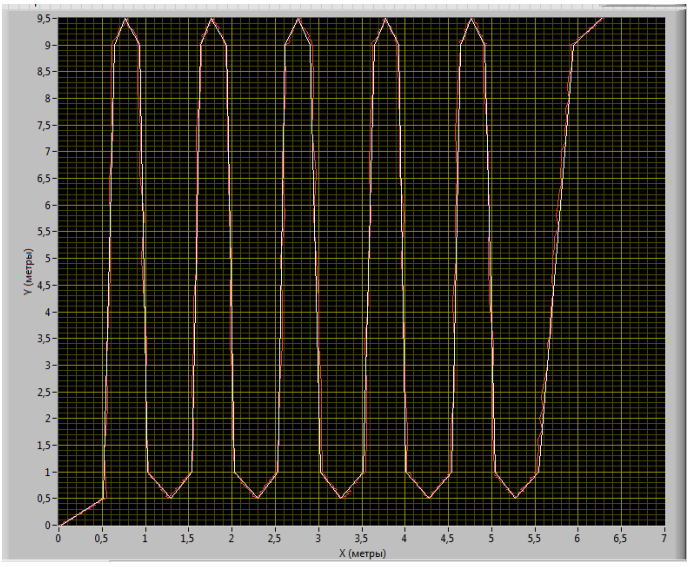


Рис. 3. Результат тестирования системы

Как видно из рис. 3 график, полученный в результате работы программного обеспечения, совпадает с графиком, полученным от стенда с точностью +/–2 мм, что удовлетворяет требованием системы, однако, это в разы лучше существующих систем, обзор которых проводился в первой главе. Следовательно, можно сказать, что система является эффективной и цель является достигнутой.

Результатом работы стала рабочая система, готовая к внедрению в научной сфере для испытаний на натурных моделей, в частности, маневровое появления судна, или для учебных целей в рамках пилотируемых тренажеров.

Литература

1. Серапинас Б.Б. Глобальные системы позиционирования. – М.: ИКФ «Каталог», 2000. – 106 с.
2. Айвазян С.А. и др. Прикладная статистика: основы моделирования и первичная обработка данных. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 471 с.
3. Analog Devices. ADIS16480 Data Sheet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADIS16480.pdf, своб.
4. ООО «Нева Технолоджи». InDoorGPS буклет 2.0, 2007 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nevatec.ru/lpt/files/LPT_buklet.pdf, своб.
5. Bosch Sensortec BMI055 Data Sheet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ae-bst.resource.bosch.com/media/products/dokumente/bmi055/BST-BMI055-DS000-06.pdf, своб.
6. Weitkamp C., Walther H. Lidar Range-Resolved Optical Remote Sensing of the Atmosphere. – Springer Science+Business Media, 2005. – V. 102. – 456 p.
7. SICK Group. Sensor Intelligence LMS500-20000 PRO Data Sheet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sick.com/group/EN/home/Pages/Homepage1.aspx, своб.

Шнайдер Екатерина Александровна
Год рождения: 1987
Гуманитарный факультет, кафедра прикладной экономики и маркетинга, группа № 6074
Направление подготовки: 080500 – IT-консалтинг
e-mail: kateshnaider@gmail.com

УДК 004.418

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ БЮДЖЕТНОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Е.А. Шнайдер
Научный руководитель – д.э.н., доцент О.А. Цуканова

В работе автоматизированные системы бюджетного управления выделяются в отдельный класс систем. Проводится сравнительный анализ различных методик внедрения, а также управленческой концепции бюджетирования, связанных с необходимостью разработки единого подхода к внедрению систем бюджетного управления.

Цель работы заключалась в адаптации методологии внедрения информационных систем для систем бюджетного управления и разработка авторской методики внедрения автоматизированных систем бюджетного управления (АСБУ) на примере предприятий газовой промышленности.

Рассмотрена проблематика оценки эффективности внедрения информационных систем, критерии, используемые при оценке. С помощью качественных методов оценки рассмотрена эффективность внедрения АСБУ на предприятии ОАО «Газпром» и его дочерних компаний.

Теоретическая значимость результатов исследования состоит в том, что разработанная методика внедрения АСБУ может быть использована для разработки и адаптации методик, используемых на других предприятиях данной отраслевой составляющей.

Практическая значимость настоящей работы заключается в том, что положения работы ориентированы на возможность их практического применения в реальных условиях российского рынка.

В процессе внедрения информационно-управляющей системы АСБУ для ОАО «Газпром» и его дочерней компании ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург» в рамках первого этапа реализации стратегии информатизации ОАО «Газпром» возникает необходимость синхронизации данных, внедряемой системы АСБУ, с информационной системой «МИКС», используемой в данный момент на предприятии.

Цель внедрения АСБУ – АСБУ создается с целью реализации эффективного бюджетного процесса в ОАО «Газпром» и его дочерних обществах (ДО) на основании лучшей мировой практики, с использованием современных информационных технологий.

В результате создания АСБУ должны быть достигнуты следующие подцели:

1. повышение качества планирования – сокращение сроков планирования, повышение точности плановых данных;
2. улучшение качества информационного обмена – сокращение времени ввода и передачи информации, высокая достоверность данных, минимизация информационных потерь в результате обмена данными между уполномоченными подразделениями;
3. повышение качества управления расходами, обеспечение функции контроля над своевременностью и адресностью расходов в соответствии с утвержденными бюджетами;
4. минимизация ошибок в результате осуществления расчетов;
5. повышение эффективности управления приоритетами используемых ресурсов;
6. сокращение временных и стоимостных затрат на сбор, обработку и анализ информации.

Автоматизированная система бюджетного управления призвана обеспечить:

- перевод стратегических целей на уровень оперативного управления путем детализации стратегических целевых показателей 1-го и 2-го уровня и показателей программы развития общества на 10 лет на уровень планово-контрольных показателей;
- взаимосвязь операционного (производственного), инвестиционного и финансового планирования на всех временных горизонтах планирования, от стратегического до оперативного, путем интеграции поддерживающих их информационно-управляющих систем с АСБУ;
- распределение полномочий и ответственности структурных подразделений ОАО «Газпром» и ДО за планирование и исполнение бюджетных показателей в рамках бюджетного процесса;

- формирование отчетности для поддержки принятия руководством Общества обоснованных и эффективных управленческих решений на основе системы бюджетных показателей и системы распределения ответственности за их исполнение;
- централизованное автоматизированное управление расчетами между ОАО «Газпром», дочерними обществами газового бизнеса и внешними контрагентами.

Для достижения поставленных целей в ходе реализации АСБУ будут решены следующие основные задачи:

1. разработка комплекта методико-регламентных документов, формализующих целевые бизнес-процессы бюджетного управления;
2. реализация автоматизированной системы управления бизнес-процессом бюджетирования в ОАО «Газпром» и его ДО;
3. формирование единого информационного хранилища плановых и отчетных данных системы бюджетного управления;
4. реализация интеграции с информационными системами ОАО «Газпром» и ДО, поддерживающими смежные бизнес-процессы, улучшение качества и повышение скорости информационного обмена между структурными подразделениями и дочерними обществами ОАО «Газпром»;
5. использование централизованной системы ведения нормативно-справочной информации (НСИ) и единой корпоративной структуры бюджетных справочников для взаимодействия АСБУ и различных ИУС ОАО «Газпром» и основных ДО газового бизнеса;
6. обеспечение возможности для дальнейшего поэтапного развития и совершенствования АСБУ ОАО «Газпром»;
7. реализация системы защиты информации АСБУ.

Запуск в эксплуатацию (внедрение) АСБУ представляет собой сложный комплекс работ, в который вовлечено множество различных специалистов из разных подразделений предприятия. Работы взаимосвязаны и должны четко координироваться по содержанию и во времени.

Объектом автоматизации при создании АСБУ являются бизнес-процессы бюджетного управления. К началу опытной эксплуатации системы должны быть утверждены все регламентные и методические документы.

В процессе внедрения пользователи должны выполнить значительный объем ввода НСИ. Высокий уровень данного программного продукта требует дополнительных усилий по освоению и настройке системы от администраторов и пользователей.

Таким образом, период внедрения системы характеризуется большим объемом и сложностью работ, что, безусловно, требует определенной его продолжительности. Для этого требуется четкое планирование и организация работы специалистов на объекте внедрения, а также, отлаженная система взаимодействия с ответственными за внедрение со стороны заказчика.

Основной целью в процессе внедрения является не получение конкретных результатов, а запуск процесса обработки данных в системе, обеспечивающего их получение. Иначе говоря, если заполнены справочники, настроена загрузка, сгенерированы отчеты, но не организована самостоятельная работа пользователей с автоматизированной системой, то цель не достигнута.

С другой стороны, готовность системы к промышленной эксплуатации предполагает и полноту справочников, и завершенность настроек, и демонстрацию совпадения с результатами прежней технологии на реальном объеме входных данных

за период порядка месяца. Эти вопросы должны контролироваться как разработчиками системы, так и непосредственно администраторами предприятия.

Внедрение автоматизированной системы состоит из четкой последовательности работ по внедрению. Каждая работа должна иметь определенный практический результат и документальную фиксацию. Состав работ может меняться в зависимости от характера проекта и условий договора. Ряд работ является дополнительным, т.е. не входит в стандартный набор услуг по внедрению и обучению.

Методологические аспекты ведения проекта:

Внедрение системы осуществляется в соответствии со следующими фазами жизненного цикла проекта по внедрению системы бюджетного управления.

Фаза 1. Подготовка проекта.

Фаза 2. Разработка рабочего проекта.

Фаза 3. Разработка системы:

- разработка/настройка системы;
- предварительные испытания.

Фаза 4. Подготовка системы к опытной эксплуатации.

Фаза 5. Опытная эксплуатация системы.

Фаза 6. Передача системы в постоянную эксплуатацию.

Этапы выполнения работ, состав работ для каждого этапа, период выполнения работ, ответственные исполнители и результаты работ представлены в плане проекта.

Фаза 1. Подготовка проекта. Основная цель – анализ текущего состояния системы управления, уточнение объемов работ и разработка стратегии внедрения, создание структуры управления проектом и технической инфраструктуры (среды) для реализации 2 и 3 фаз проекта.

На данной фазе проводится предварительный обзор бизнес-процессов «как есть». На основе проведенного анализа разрабатывается общая концепция внедрения системы, уточняется объем проекта и составляется календарный план проекта.

Фаза включает следующие задачи:

- уточнение целей и задач проекта;
- определение стратегии, стандартов и процедур проекта;
- уточнение объема проекта, состава работ и сроков;
- определение структуры управления проектом, состава проектных групп, регламента взаимодействия;
- тренинг по командообразованию (деловая игра);
- определение рисков проекта;
- разработка календарного плана проекта и распределение работ;
- разработка плана (программы) обучения проектных групп (по необходимости);
- проведение презентаций (рабочих встреч) с проектными группами и ключевыми специалистами по целям, объему и планам проекта;
- разработка технического задания на систему;
- создание рабочей среды для проектных групп (проектного офиса);
- проведение заседания управляющего комитета (УК) и утверждение результатов фазы.

Фаза 2. Разработка рабочего проекта. Основная цель – уточнение состава задач, разработка архитектуры системы и основных проектных решений с учетом требований технического задания (ТЗ), состава и специфики бизнес-процессов и возможностей системы. Доработка и согласование основных методологических решений, изменений в существующей системе управления, изменений бизнес-процессов.

Рабочий проект является проектом реализации бизнес-процессов в системе, содержащий результаты рабочего проектирования, и служит основанием для настройки системы – разработки прототипа системы. В разработке рабочего проекта принимают участие группы реализации, проектирования, ключевых пользователей, интеграции и реализации НСИ.

Фаза включает следующие задачи:

- проведение интервью и семинаров с ключевыми пользователями системы;
- определение и анализ бизнес-процессов;
- проведение категорирования информационных ресурсов;
- выявление функциональных разрывов (существенных различий между бизнес-процессами компании и типовыми решениями системы);
- анализ и уточнение календарного плана проекта;
- уточнение плана обучения проектных групп;
- анализ необходимости использования дополнительных систем;
- определение методов интеграции с другими системами;
- инициализация базового прототипа системы для моделирования вариантов решений;
- предварительное тестирование предполагаемых системных решений;
- проектирование реализации бизнес-процессов в системе с учетом закрытия выявленных функциональных разрывов в соответствии с требованиями, представленными в ТЗ на систему, методических и регламентирующих документах;
- уточнение состава модулей системы, которые будут использованы для реализации решений рабочий проект (РП);
- согласование решений РП;
- согласование детального плана работ по реализации системы (фазы 3), включая стратегию запуска системы.

Фаза 3. Разработка системы. Разработка системы включает две подфазы:

1. разработка/настройка системы – основная цель данной подфазы – создание прототипа системы, детальное проектирование бизнес-процессов, уточнение и (или) изменение проектных решений, разработка частного ТЗ на систему защиты информации АСБУ, разработка проекта системы защиты информации АСБУ и его реализация;
2. предварительные испытания – основная цель подфазы – проведение предварительных испытаний.

Прототип – это макет системы:

- реализующий основные бизнес-процессы;
- обеспечивающий формирование основных необходимых выходных документов, в том числе отчетов;
- содержащий необходимые справочники (настройки основных данных).

По результатам настройки могут производиться корректировки и дополнения РП, которые отражаются в документах «Проектные решения».

Фаза 4. Подготовка системы к опытной эксплуатации. Основная цель – реализация плана ввода системы в опытную эксплуатацию, подготовка справочников, исходных данных, обучение конечных пользователей, проведение организационных и технических мероприятий для начала опытной эксплуатации системы.

К проведению опытной эксплуатации система допускается только при наличии аттестата соответствия требованиям безопасности информации, оформленного по результатам ее аттестационных испытаний, проведенных органом по аттестации.

Фаза 5. Опытная эксплуатация системы. Основная цель – обеспечение опытной эксплуатации системы и подготовка подразделений заказчика для самостоятельного сопровождения системы.

На данном этапе решаются следующие задачи:

- ведение бизнес-процессов конечными пользователями в системе с использованием реальных данных;
- сопровождение системы силами проектной группы;
- анализ результатов и подведение итогов опытной эксплуатации.

Фаза 6. Передача системы в постоянную эксплуатацию. Основная цель – приемка системы и передача системы на сопровождение службами заказчика.

На данном этапе решаются следующие задачи:

- проведение управляющего комитета по результатам опытной эксплуатации системы;
- испытания на соответствие ТЗ в соответствии с программой и методикой испытаний;
- анализ результатов испытания системы и устранение недостатков, выявленных при испытаниях;
- корректировка проектной документации с учетом изменений и дополнений, произведенных в ходе эксплуатации системы, передача документации; передача системы на сопровождение специалистам заказчика.

Основой данной методики является выявление, спецификация и документирование функциональных требований к разрабатываемому программному продукту. Разработанные функциональные требования позволили свести к минимуму риск переделки системы, создания негодного программного обеспечения и срыва сроков сдачи проекта.

Использование данной методики в процессе внедрения АСБУ в ОАО «Газпром» позволило стандартизировать процесс передачи информации, повысить его прозрачность и выйти на уровень оперативных данных, обеспечивающих формирование своевременной и точной консолидированной информации в рамках систем управленческого, бухгалтерского и налогового учета. Что, в свою очередь, предоставляет возможность руководству компании осуществлять контроль над всеми направлениями деятельности и принимать оптимальные решения на всех уровнях управления, как на текущий момент, так и в долгосрочной перспективе. Разработанная методика внедрения автоматизированных систем бюджетного управления представляет собой устойчивую основу для развития технологии бюджетного управления на российском рынке и может быть использована компаниями для внедрения систем бюджетного управления.

Литература

1. Грекул В.И., Денищенко Г.Н., Коровкина Н.Л. Управление внедрением информационных систем. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2008. – 223 с.
2. Уокер Р. Управление проектами по созданию программного обеспечения. – М.: Лори, 2008. – 424 с.
3. Грекул В.И., Денищенко Г.Н., Коровкина Н.Л. Проектирование информационных систем: курс лекций. Учебное пособие. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2008. – 304 с.
4. Какаева А.Е., Дуненкова Е.Н. Инновационный бизнес. Стратегическое управление развитием. – М.: Дело, 2010. – 171 с.

Ярошенко Владимир Игоревич
Год рождения: 1990
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга,
группа № 6212
Направление подготовки: 223200 – Теплофизические процессы и технологии
e-mail: reaper.06@mail.ru

УДК 536.24.083+532.542.1

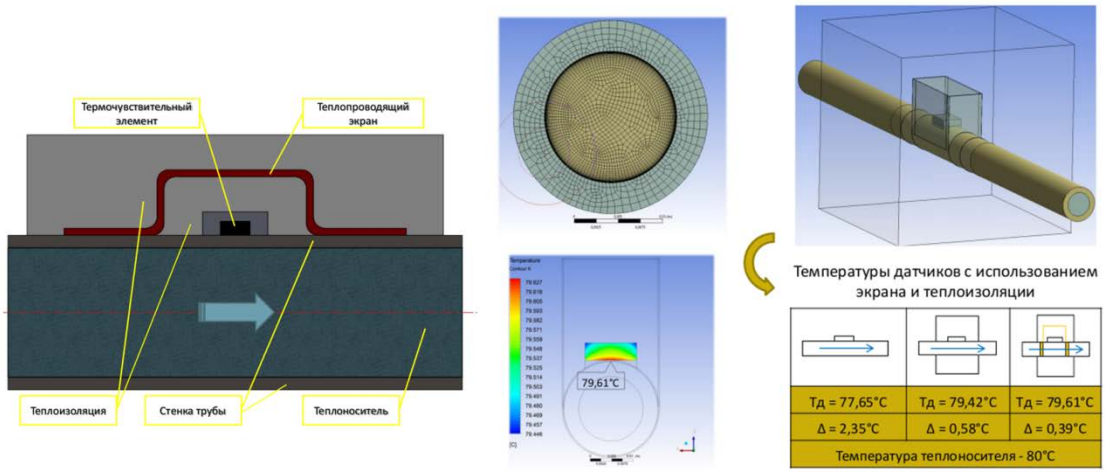
ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В СИСТЕМЕ УЧЕТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

В.И. Ярошенко
(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики)
Научный руководитель – к.ф.-м.н. А.Е. Гамарц
(ЗАО «НПФ Теплоком»)

В работе приводятся результаты расчетов, численных и натурных экспериментов, в ходе которых исследовалась технология повышения точности измерения температуры и разрабатывался накладной датчик для систем домового и поквартирного учета тепла. На сегодняшний день, в системах учета тепловой энергии применяются платиновые врезные датчики температуры. Датчики врезного типа дороже в себестоимости, их установка требует наличие специальных трубопроводных тройников и врезных отверстий, что ухудшает их мобильность и накладывает требования к работе системы теплоснабжения при монтажных работах. Такие датчики не применимы для труб малого диаметра и поэтому накладной способ установки остается почти всегда единственным. Таким образом, использование накладных датчиков температуры (НДТ) позволяет решить вышеуказанные проблемы, а использование предлагаемой в работе технологии позволяет повысить точность измерения температуры.

Основной **целью работы** была разработка НДТ для систем домового и поквартирного учета тепловой энергии.

Принцип действия датчика основан на разработанной в ЗАО «НПФ Теплоком» технологии (рис. 1, а) [1], заключающейся в использовании теплопроводящего экрана, он отбирает тепло от трубы по достаточно большой поверхности и предотвращает потери тепла на участке с датчиком температуры. Таким образом, экран выступает, в некотором смысле, концентратором температуры. Теплоизоляция дополнительно уменьшает потери тепла.



а б

Рис. 1. Эскиз разработанной конструкции НДТ (а); компьютерный тепловой анализ модели датчика (б)

Для решения поставленной задачи была построена математическая модель накладного датчика, реализованная в программной системе Ansys (рис. 1, б). Для уточнения параметров модели, были проведены предварительные испытания макетов и компьютерной модели протекающей воды в трубе. По результатам испытаний были выявлены ограничения по работе разрабатываемого датчика и определены параметры для составления модели.

Выявлены ограничения по работе НДТ:

– в качестве измерительного участка можно использовать только металлические трубы;
– скорость течения теплоносителя в измерительном канале должна быть выше 0,25 м/с (Ду 15 мм).

Определены параметры для составления модели:

– граничные условия сопряжения элементов НДТ;
– шероховатость трубы и коэффициент теплообмена между протекающей жидкостью и стенкой трубы.

Искомой величиной в тепловом расчете датчика является температура термочувствительного элемента, расположенного внутри датчика. Температуры датчиков в различных конструктивных исполнениях изложены в таблице (рис. 1, б). Как видно из таблицы, наличие экрана увеличивает точность измерения температуры (3-ий столбец).

По результатам моделирования были определены основные пути увеличения точности (табл. 1):

1. увеличение толщины экрана (доля увеличения точности – 11%);
2. уменьшение высоты экрана (доля увеличения точности – 20%).

Таблица 1. Теплофизические свойства материалов используемых в расчетах

Толщина теплопроводящего экрана, мм	Температура накладного датчика, °C
0,3	79,61
1	79,65
Высота экрана, мм	Температура накладного датчика, °C
35	79,61
20	79,70
Температура теплоносителя – 80°C	

На основании предыдущих замечаний была доработана модель датчика температуры, результат изображен на рис. 2. Теплозащитный экран приобрел форму трубопроводного тройника, его толщина увеличилась до 1 мм, габариты стали меньше. Гильза с термочувствительным элементом подвижна, относительно корпуса, в связи с добавлением пружины в систему.

На рис. 2 и в табл. 2 приведены результаты компьютерного теплового анализа датчика.

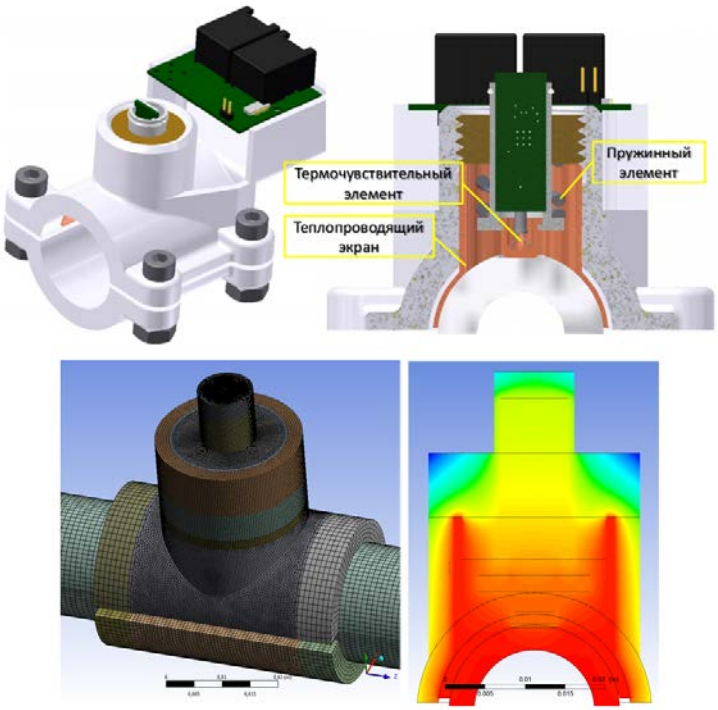


Рис. 2. Прототип рабочей модели накладного датчика температуры. Компьютерный тепловой анализ рабочей модели накладного датчика

Таблица 2. Погрешность определения температуры теплоносителя

Накладной датчик температуры	Датчик с теплоизоляцией
$T_д$=71,53°C	$T_д$=74,26°C
Δ=1,65°C	Δ=0,38°C
Температура теплоносителя – 73,18°C	Температура теплоносителя – 74,64°C

Создав конечно-элементную сетку 3D-модели датчика температуры, задав граничные условия и теплофизические свойства материалов для каждого тела, было найдено распределение температур в датчике (рис. 2). В табл. 2 приведены температуры в зоне крепления термочувствительного элемента для двух случаев: с теплоизоляцией и без теплоизоляции.

При создании основных элементов НДТ была использована система быстрого прототипирования. Суть изготовления заключалась в послойном создании физической модели в соответствии с заранее подготовленной CAD-моделью. Цикл создания прототипа включает в себя создание трехмерных моделей, обработку этих моделей во внутренней программе принтера и отправку на печать.

Испытания опытного образца датчика проводятся на специальном стенде. На измерительном участке закреплялись опытные накладные датчики. Платиновые врезные датчики температуры устанавливались по краям измерительного участка и служили эталоном для накладных, измеряя температуру теплоносителя. С помощью

нагревателей производилось поддержание нужной температуры. Движение воды осуществляется насосом.

Сравнение расчетных и экспериментальных результатов представлено в табл. 3.

Таблица 3. Результаты измерения температуры протекающей воды НДТ на численной модели и в опыте

	Накладной датчик температуры	Накладной датчик с теплоизоляцией
Компьютерное моделирование	$T_д$ = 71,53°C	$T_д$ = 74,26°C
	Δ = 1,65°C	Δ = 0,38°C
Эксперимент	$T_д$ = 71,61°C	$T_д$ = 74,39°C
	Δ = 1,57°C	Δ = 0,25°C
Температура теплоносителя	T_0 = 73,18°C	T_0 = 74,64°C

Достигнутая точность не достаточна для поквартирного учета тепла, но позволяет использовать устройство в домовом теплоучете [2].

На этом основании были сформулированы рекомендации по дальнейшему совершенствованию накладного датчика (увеличение длины крепления экрана к трубе, увеличение толщины слоя теплоизоляции прибора и др.).

Таким образом, основные результаты работы по созданию НДТ сводятся к следующему:

1. разработана математическая модель. Получено распределение температуры в датчике;
2. на основе проведенных расчетов определены основные пути увеличения чувствительности;
3. с использованием системы быстрого прототипирования был создан опытный образец и проведены его испытания. Сформулированы рекомендации по дальнейшему улучшению конструкции;
4. достигнута точность измерения температуры позволяющая использовать накладной датчик в домовых системах учета тепловой энергии.

Литература

1. Пат. 2454640 РФ, МПК[7] G 01 K 13/02, G 01 K 1/20. Датчик температуры теплоносителя в трубе / Гулак О.В., Крушев В.Л., Недвецкий В.К.; заявитель и патентообладатель ЗАО «НПФ Теплоком». – № 2011110891/28; заявл. 22.03.11; опубл. 27.06.12. – 4 с.
2. РД.34.09.102. Правила учета тепловой энергии и теплоносителя. – М.: НЦ ЭНАС, 2003. – 31 с.

УЧАСТНИКИ КОНКУРСА КАФЕДР УНИВЕРСИТЕТА НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ

Авраменко Елена Валерьевна
Год рождения: 1989
Инженерно-физический факультет, кафедра твердотельной оптоэлектроники, группа № 6244
Направление подготовки: 223200 – Физика и техника оптоэлектронных информационных систем
e-mail: icecherry02@rambler.ru

УДК 666.189.21:666.22

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДОВОГО СОСТАВА ИЗЛУЧЕНИЯ В МИКРОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СВЕТОВОДАХ С БОЛЬШОЙ СЕРДЦЕВИНОЙ

Е.В. Авраменко
(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики)
Научный руководитель – д.т.н., вед.н.с. В.С. Шевандин
(ОАО НИТИОМ ВНЦ «ГОИ им. С.И. Вавилова»)

В работе приведены результаты исследования условий для существенно отличающегося значения затухания основной и высшей мод благодаря иному расположению сердцевины световода – смещение сердцевины световода по отношению к ее обычному положению в центре световода. Следует учесть тот факт, что высшая мода проявляет тенденцию к проникновению излучения в структурированную оболочку в большей мере, нежели основная мода. Вследствие этого, при смещении сердцевины создаются условия, в которых наблюдается усиленное вытекание поля высшей моды в конструкционную оболочку световода. В этих условиях становится возможным получить одномодовый режим передачи информации, но в пределах волокна, несмотря на то, что не будут выполняться условия отсечки высшей моды по фазовым соображениям. На практике достижение такой структуры представляется несопряженным с большими трудозатратами. Изменение положения сердцевины по отношению к центру заготовки оказалось бы сложной технологической задачей при исполнении операции изготовления преформ и световодов из сплошных сред «обычными» методами газофазного осаждения, где предполагается вращение заготовки вокруг оси.

Для решения задач, поставленных в настоящем исследовании, были изготовлены образцы микроструктурированных волокон на основе синтетического кварцевого стекла марки F300 (содержание ОН-групп не более 0,5 ppm) по трехэтапной технологии. Заготовкой для вытяжки микроструктурированного световода является плотная гексагональная упаковка из капилляров и микроштабика. Капилляры в последующем образуют систему отверстий в светоотражающей оболочке световода, а микроштабик – его сердцевину.

На первом этапе собирается необходимая конструкция в опорной кварцевой трубе, имеющей диаметр порядка 20 мм. После этого заготовку вытягивают, и получают первичное волокно (предволокно), которое имеет диаметр 2–3 мм. Зазоры между капиллярами, которые сначала были в заготовке, оказываются сколлапсированными в процессе вытягивания предволокна; для этого с обеих сторон капилляры запаиваются, а в опорной трубе во время вытяжки формировалось отрицательное давление. На втором этапе происходит вытягивание предволокна, в ходе которого получается микроструктурированный световод.

Вытягивание микроструктурированного волоконного световода осуществлялось на специальном оборудовании – башне вытяжке оптического волокна. Предволокно помещается в печь разогрева заготовок, расположенную на башне вытяжки волоконных световодов. Волокно пропускается через узлы башни вытяжки и заправляется в вытяжной механизм. После установления стационарного значения диаметра волокна устанавливается нестандартная оснастка – фильерный узел и система подачи полимерного покрытия на оптическое волокно в процессе вытягивания. Затем отверждается в устройстве отверждения полимерного покрытия. С помощью системы создания избыточного давления в отверстиях, составляющих светоотражающую оболочку микроструктурированного световода, осуществляется получение световода с требуемым относительным размером отверстий. Контроль размеров отверстий осуществляется с помощью оптического микроскопа.

Для исследования модового состава в качестве источников оптического сигнала использовались одночастотные полупроводниковые лазеры, генерировавшие излучение с гауссовым поперечным распределением интенсивности на четырех фиксированных длинах волн λ = 658, 808, 980 и 1550 нм.

Для отработки методики определения модового состава применительно к изготовленным нами образцам проведены исследования модового состава излучения на таких выверенных объектах, как микроструктурированные световоды с центральной сердцевиной и k=0,46 [1]. В соответствии с литературными данными этими условиями обеспечивается отсечка высшей моды во всем спектральном диапазоне. При превышении значения k=0,46 количество направляемых мод возрастает по мере роста параметров k и длины волны излучения λ.

Спектральные характеристики затухания излучения в изготовленных образцах микроструктурированных световодах показывают, что уровень затухания излучения в области 1550 нм напрямую не связан с содержанием воздуха в светоотражающей оболочке, хотя теоретические исследования обнаруживают строгую зависимость между этим параметром и величиной потерь на удержание излучения. Это обстоятельство является доказательством того, что уровень потерь излучения в исследуемых образцах определяется в основном не потерями на удержание света, а микрофлуктуацией формы воздушных отверстий.

Были произведены расчеты распределения интенсивности излучения основной моды по сечению центральной сердцевины в программной среде Comsol Multiphysics 3.5a, при изменении параметра содержания воздуха в структурированной оболочке (k). При увеличении воздуха в светоотражающей оболочке размер пятна основной моды имеет тенденцию к сокращению. В микроструктурированных световодах увеличение содержания воздуха в структурированной оболочке эквивалентно увеличению разности эффективных показателей преломления сердцевины и оболочки, что и обуславливает наблюдаемые изменения размеров основной моды.

Далее нами был исследован модовый состав излучения в световодах со смещенной сердцевиной, которые показали, что многомодовый режим распространения излучения наблюдается при k=0,65, а при снижении k до 0,6 направляемой является только основная мода (рис. 1).

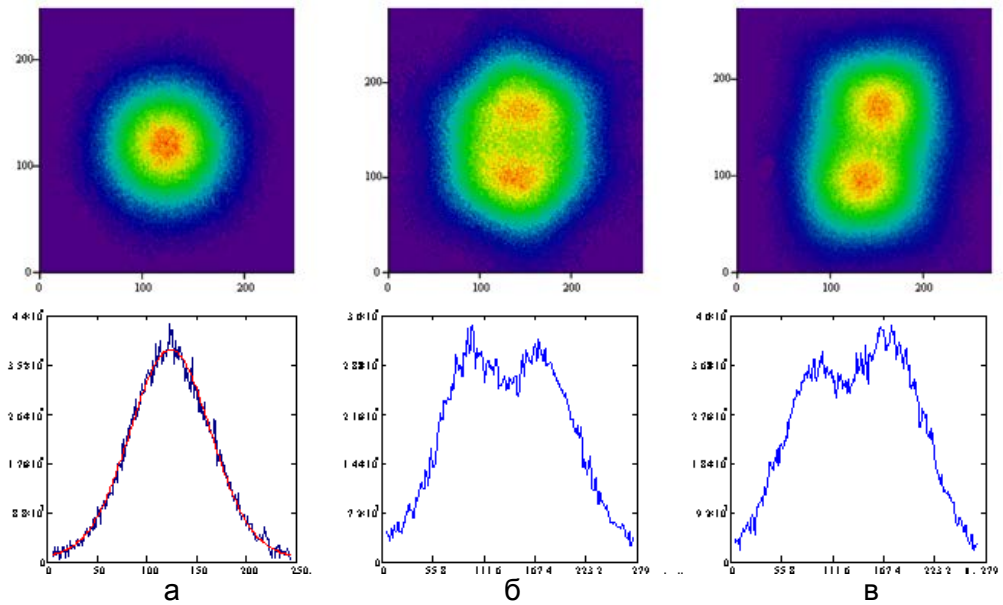


Рис. 1. Картины распределения интенсивности излучения, прошедшего по микроструктурированному световоду, для: k=0,6 (а); k=0,65 (б) и k=0,7 (в)

Таким образом, в случае структур со смещенной сердцевиной одномодовый режим распространения излучения достижим в условиях существования первой высшей моды (k>0,46). Этому способствует то обстоятельство, что размер пятна высшее моды превышает одноименную величину, характерную для основной моды. Вследствие этого в разрабатываемых типах световодов, как следует из представляемого материала, затухание высшей моды значительно превышает затухание основной моды.

Нами также было проведено исследование модового состава в зависимости от длины микроструктурированного световода, поскольку соотношение интенсивностей основной и высшей мод (практически регистрируемый модовый состав) определяется длиной микроструктурированного световода в условиях дифференциального модового затухания. Исходя из этой концепции, мы осуществили исследование зависимости модового состава излучения от длины полученных микроструктурированных световодов. Эти исследования показали, что на относительно коротких (~10 м) участках световода со смещенной сердцевиной наблюдается двумодовый режим распространения излучения, а на участках 20–30 м – одномодовый.

Как следует из представленного материала, в световодах со смещенной сердцевиной одномодовый режим работы может быть обеспечен при бóльших значениях параметра k содержания воздуха в структурированной оболочке, чем в световоде с центральной сердцевиной. Это обстоятельство вызывает снижение потерь основной моды на вытекание излучения в световодах со смещенной сердцевиной (рис. 2), что является их несомненным преимуществом.

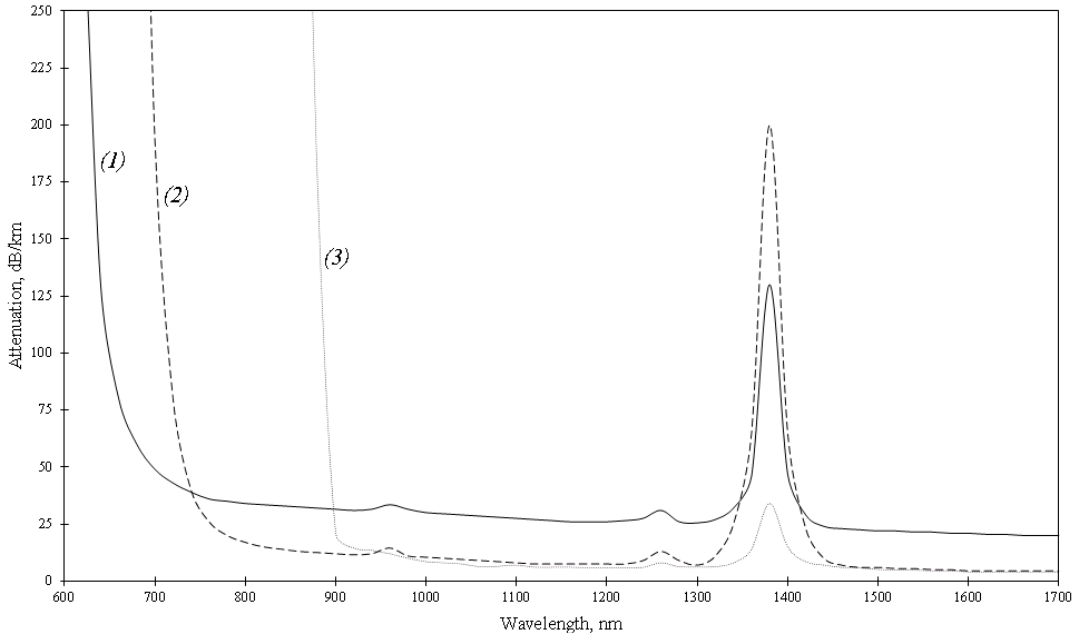


Рис. 2. Спектральная характеристика затухания излучения в микроструктурированном световоде с диаметром сердцевины 20 мкм, намотанного на катушку диаметра 16 см: смещенная сердцевина, *k*=0,6 (1); смещенная сердцевина, *k*=0,55 (2); центральная сердцевина, *k*=0,5 (3) [2]

Литература

1. Birks T.A., Knight J.C., Russel P.St.J. Endlessy single-mode photonic crystal fiber // Opt. Lett. – 1997. – V. 22. – № 13. – P. 961–963.
2. Nielsen M.D., Mortensen N.A., Albertsen A., Folkenberg J.R., Bjarklev A. and Bonacinni D. Predicting macrobending loss for large-mode area photonic crystal fiber // Opt. Express. – 2004. – V. 12. – № 8. – P. 1775–1779.

Александров Антон Вячеславович
Год рождения: 1989
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра компьютерных технологий, группа № 6539
Направление подготовки: 010400 – Технологии проектирования и разработки программного обеспечения
e-mail: alantbox@gmail.com

УДК 004.021

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИСПРАВЛЕНИЯ ОШИБОК ВСТАВКИ И УДАЛЕНИЯ В НАБОРЕ ЧТЕНИЙ НУКЛЕОТИДНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

А.В. Александров
Научный руководитель – ассистент Ф.Н. Царев

Современные задачи, возникающие в биологии и медицине, требуют работы с большим объемом данных. По этой причине применение вычислительных устройств и алгоритмов находит все более широкое применение в этих областях науки. Одной из

важнейших задач современной биоинформатики является задача секвенирования – получения последовательности нуклеотидов по физическому образцу ДНК.

С химической точки зрения ДНК состоит из двух последовательностей нуклеотидов (каждый нуклеотид представляет собой азотистое основание, сахар и фосфатную группу). Нуклеотиды – своего рода символы, из которых состоит ДНК.

В ДНК встречается четыре типа азотистых оснований – аденин, гуанин, тимин и цитозин, которые обозначаются соответственно *A, C, G* и *T*. Причем азотистые основания одной цепочки ДНК соединены с азотистыми основаниями другой водородными связями согласно принципу комплементарности – аденин соединяется только тимином, а гуанин – с цитозином. Таким образом, одна из двух цепочек ДНК однозначно получается из другой путем разворачивания и замены каждого нуклеотида на соответствующий ему комплементарный.

Информация, хранящаяся в ДНК организмов, очень важна для их исследования, так как отражает важные свойства живых организмов – наследственность и изменчивость. Так, ДНК особей разных видов различаются значительно сильнее, тем ДНК особей одного вида, а ДНК потомков одной особи значительно больше схожи, чем похожи в среднем две особи одного вида.

Еще одно важное приложение исследования ДНК – генетические заболевания. У особей, зараженных одним генетическим заболеванием, наблюдаются одинаковые изменения в ДНК, что может быть использовано в медицине, как для теоретического исследования заболевания, так и для лечения от него.

Существующие технические средства (секвенаторы) не позволяют считать разом всю молекулу ДНК организма. Вместо этого они позволяют читать фрагменты генома небольшой длины. Длина фрагмента может варьироваться и является важным параметром секвенирования, так как от нее напрямую зависит стоимость секвенирования и время, затрачиваемое на чтение одного фрагмента: чем больше длина считываемого фрагмента, тем выше стоимость чтения и тем дольше это чтение происходит. В связи с этим сейчас получил распространение следующий дешевый и эффективный подход: сначала вычленяется случайно расположенный в геноме фрагмент длиной около 500 нуклеотидов, а затем считываются его префикс и суффикс (длиной по 114 каждый). Эти префикс и суффикс называются парными чтениями (существуют также средства для чтения одиночных фрагментов различной длины, которые обычно называют просто чтениями). Этот процесс повторяется такое число раз, чтобы обеспечить достаточно большое покрытие генома чтениями.

Таким образом, выходными данными работы секвенаторов являются небольшие подстроки, которые необходимо собрать в исходную строку – геном. При этом подстроки не являются точными, в них есть ошибки.

После исправления ошибок запускается алгоритм восстановления фрагментов нуклеотидной последовательности, результатом работы которого являются целые фрагменты, а не только их префиксы и суффиксы. Эти фрагменты называются квазиконтиги и используются для построения контигов – максимальных непрерывных последовательностей нуклеотидов, которые удалось восстановить. Затем контиги используются для построения скэффолдов – последовательностей контигов, разделенных промежутками с длинами, для которых известны оценки. Результаты, полученные на этом этапе, уже можно использовать для различных биологических целей, благодаря чему на данный момент существует некоторое количество сборщиков [1–6], осуществляющих большинство описанных этапов сборки.

До недавнего времени на рынке секвенаторов доминировала компания Illumina [7]. Секвенаторы этой компании совершают в чтениях ошибки типа замены, поэтому большинство существующих алгоритмов оптимизированы для работы с такими

чтениями. В последнее же время все большее распространение получают секвенаторы компании Ion Torrent, совершающие ошибки типа вставки и удаления, т.е. в некоторых местах нуклеотид может удвоиться, а в некоторых – не прочитаться вовсе (например, вместо подстроки ACCG будет прочитана подстрока ACG или ACCCG).

Помимо самой последовательности нуклеотидов результатом работы секвенатора является также последовательность из величин качества для каждого нуклеотида. В ней содержится информация о качестве чтения каждого нуклеотида, по которой может быть вычислена вероятность того, что данный нуклеотид был прочитан неверно.

Для эффективной работы последующих стадий алгоритма очень важно исправить как можно больше ошибок в чтениях.

Целью работы была разработка метода удаления ошибок вставки и удаления, значительно превосходящего по эффективности современные методы исправления ошибок, разработанные без учета ошибок вставки и удаления.

Предложенный метод. Планируется провести частотный анализ *k*-меров – подстрок чтений длины *k*. Из общих соображений вытекает, что при достаточно большом покрытии генома чтениями и достаточно большом *k*, значительно меньшем все же, чем длина чтения, *k*-меры с ошибками встречаются в чтениях значительно реже, чем те, которые ошибочно прочитанных нуклеотидов не содержат. На основе этих данных планируется выделить безошибочные *k*-меры, т.е. те, которые встречаются в чтениях много раз.

Безошибочные *k*-меры задают позицию (или несколько) в геноме. Таким образом, множество чтений, содержащих определенный безошибочный *k*-мер, состоит из чтений, полученных из одного или нескольких мест в геноме. Если внутри этого множества чтения сильно различаются, они делятся на группы похожих друг на друга. Внутри каждой такой группы чтения получены из одного места в геноме и потому похожи друг на друга. Это позволяет по принципу консенсуса определить последовательность нуклеотидов, располагающуюся в геноме на рассматриваемом месте, из которой можно получить чтения.

Предложенный алгоритм был реализован на языке программирования Java. Для оценки эффективности предложенного метода было проведено несколько экспериментов. Тестирование проводилось на двух библиотеках – искусственно сгенерированном наборе чтений из генома бактерии Escherichia coli и реальной библиотеке чтений бактерии Pseudomonas stutzeri.

Для оценки качества тестирования одни и те же библиотеки собирались разными сборщиками – сборщиком ABySS и ITMO-denovo-assembler. Причем для каждого сборщика проводилось два эксперимента – сборка осуществлялась как из исходных чтений, так и из исправленных. ABySS не предназначен для работы с чтениями, содержащими ошибки вставки и удаления, поэтому результаты работы ABySS на исправленных чтениях отражают качество работы этапа исправления ошибок. Также использовался сборщик Mira-assembler, поддерживающий чтения секвенаторов Ion Torrent, т.е. умеющий работать с ошибками вставки и удаления.

Бактерия Escherichia coli имеет геном длиной около 4,5 млн. нуклеотидов. Сгенерированная библиотека обеспечивала 20-кратное покрытие генома чтениями длиной около 100 нуклеотидов.

Библиотека была сгенерирована в два этапа. На первом этапе были сгенерированы безошибочные подстроки генома. На втором этапе в эти подстроки были внесены ошибки. Такой способ генерации библиотеки позволил сравнить результаты сборки безошибочных чтений и сборки чтений с ошибками с применением исправления ошибок.

Результаты сборки представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты сборки искусственных чтений Escherichia coli

	Суммарная длина контигов	N50	Максимальная длина контига
Безошибочные чтения, ABySS	4582767	43154	162361
Неисправленные чтения с ошибками, ABySS	3003406	163	981
Исправленные чтения с ошибками, ABySS	4593871	28492	92287
Неисправленные чтения с ошибками, Mira-assembler	4593118	21162	83750

Первая строка показывает, насколько хорошо вообще ABySS может обработать данные чтения.

Вторая строка таблицы доказывает, что ABySS не приспособлен для обработки чтений с ошибками вставки и удаления. Это выражается в маленькой суммарной длине контигов (примерно 2/3 длины всего генома), а также в маленьком значении N50 (примерно вдвое больше длины чтения).

Третья строка таблицы показывает, что исправление ошибок значительно улучшает ситуацию, потому что результаты сборки ABySS на исправленных чтениях всего в полтора раза хуже сборки из безошибочных чтений.

Четвертая строка таблицы показывает, что приспособленный для чтений Ion Torrent сборщик Mira-assembler справляется с задачей хуже, чем разработанный метод.

Бактерия Pseudomonas stutzeri имеет геном длиной около 4,5 млн. нуклеотидов. Библиотека состояла из четырех файлов: l3_1_in.iontor.fastq, l3_2_in.iontor.fastq, 100_in.iontor.fastq и 200_in.iontor.fastq. Файлы l3_1 и l3_2 содержали парные чтения и обеспечивали суммарное 35-кратное покрытие. Средняя длина чтений в файлах l3_1 и l3_2 – 83 нуклеотида. Библиотека 100 содержала 4,6 млн. чтений со средней длиной 117 нуклеотидов, обеспечивая 26-кратное покрытие генома. Наконец, библиотека 200 содержала 5,5 млн чтений со средней длиной 231 нуклеотид, обеспечивая 62-кратное покрытие. Таким образом, суммарное покрытие генома чтениями составило 123.

Результаты сборки представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты сборки реальных чтений P.stutzeri

	Суммарная длина контигов	N50	Максимальная длина контига
Неисправленные чтения l3_1 и l3_2, ABySS	5134815	3227	15646
Исправленные чтения l3_1 и l3_2, ABySS	4863666	9926	68660
Неисправленные чтения l3_1 и l3_2, ITMO-denovo-assembler	5321832	7118	49527
Исправленные чтения l3_1 и l3_2, ITMO-denovo-assembler	4672051	11619	66366
Неисправленные чтения l3_1 и l3_2, Mira-assembler	5205159	5285	47004
Неисправленные чтения l3_1, l3_2 и 100, ABySS	4495333	17881	69269
Исправленные чтения l3_1, l3_2 и 100, ABySS	4558926	18878	76335

	Суммарная длина контигов	N50	Максимальная длина контига
Неисправленные чтения l3_1, l3_2 и 100, ITMO-denovo-assembler	5076230	13267	67933
Исправленные чтения l3_1, l3_2 и 100, ITMO-denovo-assembler	4878434	20290	98357
Неисправленные чтения l3_1, l3_2 и 100, Mira-assembler	5250041	15252	95547
Неисправленные чтения l3_1, l3_2, 100 и 200, ABySS	4500845	18034	61569
Исправленные чтения l3_1, l3_2, 100 и 200, ABySS	4501487	22017	63725
Неисправленные чтения l3_1, l3_2, 100 и 200, ITMO-denovo-assembler	5126675	14755	51078
Исправленные чтения l3_1, l3_2, 100 и 200, ITMO-denovo-assembler	4799664	22265	74866

Как и на искусственных данных, на настоящих чтениях разработанный алгоритм значительно улучшает качество сборки, причем как сборщиком ABySS, так и ITMO-denovo-assembler. Также заметно, что качество сборки исправленных чтений любым сборщиком выше, чем качество сборки при помощи Mira-assembler.

Области возможного использования результатов. Реализованный метод может быть использован в связке с реализующими другие этапы сборки методами для создания собственного сборщика генома. Полученное программное средство в дальнейшем может быть коммерциализировано.

Литература

1. Simpson J.T., Wong K., Jackman S.D., Schein J.E., Jones S.J., Birol I. ABySS: A parallel assembler for short read sequence data // Genome Research. – 2009. – V. 9. – P. 1117–1123.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://genome.cshlp.org/content/19/6/1117.full.pdf+html, своб.
3. Zerbino D.R., Birney E. Velvet: Algorithms for de novo short read assembly using de Bruijn graphs // Genome Res. – 2008. – V. 18. – P. 821–829.
4. Butler J., MacCallum I., Kleber M., Shlyakhter I.A., Belmonte M.K., Lander E.S., Nusbaum C., Jaffe D.B. AllPaths: De novo assembly of wholegenome shotgun microreads // Genome Res. – 2008. – V. 18. – P. 810–820.
5. Li R., Zhu H., Ruan J., Qian W., Fang X., Shi Z., Li Y., Li S., Shan G., Kristiansen K., et al. SOAPdenovo: De novo assembly of human genomes with massively parallel short read sequencing // Genome Res. – 2010. – V. 20. – P. 265–272.
6. Pevzner P.A., Tang H., Waterman M.S. EULER: An Eulerian path approach to DNA fragment assembly // Proc Natl Acad Sci. – 2001. – V. 98. – P. 9748–9753.
7. Illumina Inc. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.illumina.com/, своб.
8. Ion Torrent Systems Inc. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.iontorrent.com/, своб.

9. de novo Genome Assembly Project (dnGASP) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cnag.bsc.es/, своб.

Антонов Павел Николаевич
Год рождения: 1986
Факультет оптико-информационных систем
и технологий, кафедра прикладной и компьютерной оптики,
группа № 6303
Направление подготовки: 200400 – Оптические приборы
e-mail: cantielm@gmail.com

УДК 535.343.31+ 681.785.432

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

П.Н. Антонов
Научный руководитель – к.т.н., доцент О.Н. Балаценко

Влажность лежит в основе ряда технологических процессов производства и переработки сельскохозяйственной продукции, каждый процент погрешности измерений влажности может привести к искажению данных о ее количестве. В связи с этим возникает необходимость точного и оперативного измерения влажности на всех стадиях производства, переработки и хранения сельскохозяйственной и промышленной продукции, а для этого нужен прибор-влагомер, погрешность измерений которого отвечает необходимому уровню точности, а методы и технические решения их достижения были бы просты и доступны. **Целью работы** было исследование оптических методов измерения влажности для создания прибора влагомера.

После изучения литературных источников по данной тематике был проведен анализ различных методов определения влажности. В результате было установлено, что наибольшими преимуществами обладают оптические методы. Достоинством оптических влагомеров является то, что их показания мало зависят от температуры, также достоинствами являются избирательность, чувствительность, точность и воспроизводимость. И самое главное преимущество данной группы методов перед другими – это возможность проведения бесконтактных измерений.

Разрабатываемый прибор предназначен для контроля влажности веществ и материалов в спектральном диапазоне $\Delta\lambda$=1,3–1,6 мкм, поэтому для реализации возможности выделения исследуемого излучения выбираем наиболее подходящую базовую оптическую схему, а именно схему, основанную на приеме излучения, отраженного от поверхности объекта. Эта оптическая схема отличается простотой изготовления.

По числу используемых участков спектра примем двухволновую оптическую схему с длинами волн λ=1100 нм и λ=1500 нм, опорную и измерительную соответственно.

При использовании одного приемника излучения требуется производить временное разделение сигнала, или, иначе говоря, необходима система модуляции для разделения сигналов опорной и измерительной длин волн, а также оптическое устройство для соединения обоих потоков излучения. Все это усложняет конструкцию

прибора, увеличивает массу и габариты прибора. Исключить эти недостатки можно введением еще одного фотоприемника.

Принцип измерения прибором коэффициентов отражения светорассеивающих материалов (по которым можно оценить содержание влаги в исследуемом объекте) основан на избирательном поглощении влагой инфракрасного (ИК) излучения в диапазоне спектра $\Delta\lambda$=1,3–1,6 мкм. В приборе используется дифференциальная схема измерения, т.е. результатом измерения является отношение сигналов опорного и измерительного каналов. При наличии влаги в исследуемом материале световая энергия в измерительном канале поглощается пропорционально влажности исследуемого материала, а в опорном канале остается прежней. При такой схеме измерения отношение сигналов опорного и измерительного каналов будет зависеть от влажности, и не будет зависеть от отражательной, рассеивающей способности исследуемого материала, а также от его структуры.

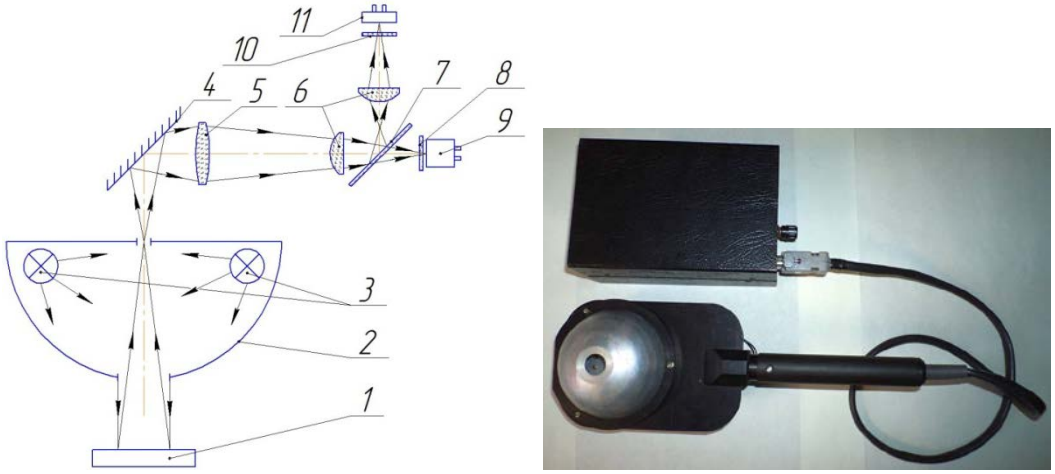
Для точного измерения спектрального коэффициента отражения в ближней ИК области, т.е. области, отвечающей преимущественному поглощению ИК излучения влагой, необходимо скорректировать спектральный диапазон работы прибора под кривую поглощения водой ИК излучения. Данная задача может реализоваться с помощью цветных стекол, подобранных соответствующим образом. В результате изучения каталога стекол и проведения подтверждающих экспериментальных измерений было выбрано стекло СЗС-21, так как оно хорошо подавляет излучение в ближней ИК области спектра $\Delta\lambda$=700–1200 нм, где излучение мало поглощается водой. Для опорного канала достаточно «обрезать» видимую область спектра, поэтому можно использовать любое стекло из группы инфракрасных стекол (ИКС). Исходя из доступности использования, для данной работы было выбрано стекло ИКС-1.

В качестве источника излучения была выбрана лампа накаливания, так как она проста и доступна в использовании и дает спектр излучения в широкой области.

Выбор необходимого фотоприемника осуществляется, прежде всего, по спектральным характеристикам таким образом, чтобы спектральная характеристика фотоприемника перекрывала выбранный оптический диапазон, исходя из этого, был выбран фотодиод ФД-7Г. Выбор фотоприемника для опорного канала обусловлен тем, что спектральная область поглощения воды не должна попадать в область его спектральной чувствительности. Этому условию удовлетворяют многие кремневые фотодиоды. Для данной работы был выбран фотодиод ФД-К-155.

Источник излучения, которым служат шесть миниатюрных вольфрамовых лампочек типа МН-2,5-0,068, находящихся под углами 60º друг к другу, располагается внутри сферы, светорассеивающая поверхность которой имеет высокий коэффициент отражения во всем рабочем диапазоне прибора от 1350 до 1600 нм. Фотометрическая сфера изготовлена из алюминия. Для получения коэффициента диффузного отражения рабочей поверхности сферы порядка 85%, она была подвергнута специальной обработке. За счет многократных переотражений на поверхности сферы поток излучения ламп перемешивается и создает равномерную освещенность на всех участках поверхности сферы. В одном из участков сферы сделано круглое отверстие диаметром 15 мм, которое облучает равно ярким по площади источником света исследуемый образец. С противоположной стороны сферы поток лучей ограничивает апертурная диафрагма. Далее излучение, отражаясь от плоского зеркала, попадает в оптическую систему, в состав которой входит наклонная непросветленная плоскопараллельная пластинка, делящая прошедший через конденсор и фокусирующую линзу пучок лучей на два канала: измерительный и опорный. Поскольку пластинка непросветленная, происходит френелевское отражение порядка 4% от каждой поверхности. Проходящие через пластинку лучи попадают в

фотоприемник через светофильтр, который обрезает длины волн меньше 1,3 мкм. Это измерительный канал. Отразившиеся лучи через фокусирующую линзу попадают на второй фотоприемник через светофильтр, обрезающий видимую область, что составляет опорный канал. Приемники излучения преобразовывают энергию оптического излучения в электрическую энергию, более удобную для непосредственного измерения. На выходе фотоприемников получаем электрический ток, эквивалентный оптическому сигналу. Сигналы с фотоприемников усиливаются предварительными усилителями и передаются в аналоговый коммутатор каналов, синхронизированный от микропроцессора, и далее передаются в аналого-цифровой преобразователь.



а б

Рисунок. Оптическая схема (а): 1 – объект измерения; 2 – фотометрическая сфера; 3 – вольфрамовые лампы (6 штук, МН-2,5-0,068); 4 – зеркало; 5 – конденсор (β=1); 6 – собирающие линзы; 7 – светоделительная пластинка (отражение ~ 8%); 8 – светофильтр СЗС-21; 9 – фотодиод ФД-7Г; 10 – светофильтр ИКС-1; 11 – фотодиод ФД-К-155 и общий вид макета прибора (б)

В процессе выполнения работы и сопоставления различных методов измерения влажности продукта был найден оптимальный вариант схемы прибора, определяющего влажность, а именно двухволновая, двухканальная, основанная на приеме отраженного излучения, и изготовлен макет.

В течение последующих этапов работы будут проведены контрольные измерения его основных характеристик, завершена доводка параметров прибора и, в случае положительных результатов экспериментов на реальных объектах, можно будет разработать техническое задание и изготовить опытный образец прибора.

Литература

1. Берлинер М.А. Измерения влажности. – М.: Энергия, 1973. – 400 с.
2. Мухитдинов М., Мусаев Э.С. Оптические методы и устройства контроля влажности. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 96 с.
3. Панов В.А., Кругер М.Я. Справочник конструктора оптико-механических приборов. – Л.: Машиностроение, 1980. – 371 с.
4. Порфирьев Л.Ф. Основы теории преобразования сигналов в оптико-электронных системах. Учебник для студентов приборостроительных специальностей вузов. – Л.: Машиностроение, 1989. – 387 с.
5. Бегунов Б.Н., Заказнов Н.П., Кирюшин С.И., Кузичев В.И. Теория оптических систем. – М.: Машиностроение, 1981. – 432 с.

Арбузов Николай Сергеевич
Год рождения: 1988
Факультет оптико-электронных приборов и систем,
кафедра оптико-электронных приборов и систем,
группа № 6312
Направление подготовки: 200400 – Оптико-электронные методы и средства обработки видеоинформации
e-mail: arkolya@yandex.ru

УДК 681.786

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ УСТАНОВКИ ФАР АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Н.С. Арбузов
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Краснящих

Световые приборы автотранспортного средства являются важным компонентом, обеспечивающим безопасность всех участников дорожного движения. Нарушения и ошибки в регулировке световых приборов могут приводить к тяжелым последствиям. В связи с этим задача автоматизации и объективности контроля установки световых приборов является острой и важной задачей.

Основной **целью работы** была разработка и исследование системы, позволяющей производить регулировку и установку световых приборов автомобилей.

Проведен обзор существующих методов и средств контроля установки фар автотранспортных средств. Было установлено, что современным способом проверки является контроль параметров световых приборов с помощью реглоскопа [1]. Реглоскоп – это оптико-электронный прибор, предназначенный для контроля светотеневой границы и измерения силы света автомобильных фар в контрольных точках. Рассмотрен общий принцип построения приборов и определена оптимальная схема конструкции.

На основе рассмотренных нормативных документов были определены контролируемые параметры фар и требования, предъявляемые к приборам для их проверки.

В соответствии с требованиями технического задания и общего принципа построения реглоскопов была разработана структурная схема системы.

Для разработанной структурной схемы и в соответствии с требованиями нормативных документов проведен габаритно-энергетический расчет. Используя полученные расчетные данные, были выбраны конструктивные элементы системы: входной объектив – линза Френеля, фотоприемники – фотодиоды ФД-7К и теле- и видеодетектор контроля светораспределения – черно-белая бескорпусная видеокамера ACE-S560CHMAI с объективом VIR28110DN1.

На основе рассмотренных конструкций реглоскопов и в соответствии с выбранными конструктивными элементами прибора была разработана оптическая схема системы, использующая видеокамеру для контроля светораспределения фары и два фотодиода для измерения силы света, а также плоское зеркало для уменьшения габаритных размеров.

Для обработки и коммутации сигналов с фотоприемников была разработана принципиальная электрическая схема блока фотоприемников, использующая для питания источник напряжения ±12 В. Схема усиления сигнала с фотоприемников построена на базе операционного усилителя AD820. Преобразования усиленного

аналогового сигнала в цифровой код осуществляется АЦП TLC5510 с генератором тактовых импульсов Р1100-НС.

На основе разработанных схем и расчетных данных была разработана конструкция системы. Для проведения исследовательской работы была изготовлена упрощенная модель прибора, представленная на рисунке.

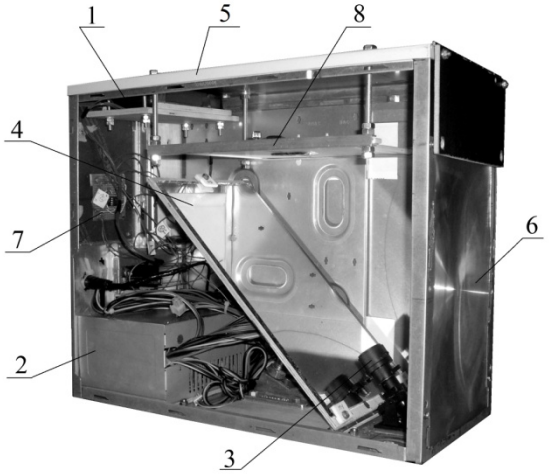


Рисунок. Конструкция прибора: 1 – блок индикации; 2 – блок питания; 3 – видеокамера; 4 – зеркало; 5 – корпус; 6 – линза Френеля; 7 – усилитель; 8 – экран

В ходе работы был предложен алгоритм цифровой обработки изображения светораспределения фары. В среде MATLAB разработана программа, моделирующая этапы обработки и контроля светотеневой границы.

Рассмотрены и проанализированы детекторы обнаружения границ и на основании сравнительной характеристики выбран детектор Собеля, как наиболее подходящий для поставленных задач обработки изображения [1].

Выбрано количество элементов разложения матрицы обрабатываемого изображения – 210×160 пикселей, которое обеспечивает погрешность определения границы светораспределения фары не более 10% в соответствии с требованиями ГОСТ.

Проведено исследование влияния ошибки позиционирования системы в горизонтальной плоскости перпендикулярно и вдоль оптической оси на измерение силы света [2]. Исследование показало, что разработанный макет системы допускает ошибку позиционирования перпендикулярно оптической оси в режиме ближнего света в темной зоне ±40 мм, в светлой зоне ±40 мм, в точке контроля дальнего света ±20 мм. Ошибка позиционирования вдоль оптической оси во всех режимах работы незначительно влияет на измеренную величину силы света и погрешность, регламентируемая ГОСТ, не превышает 15% [3].

Исследовано влияние ошибки позиционирования прибора в горизонтальной плоскости по углу на измеряемую силу света. Исследование показало, что разработанный макет системы допускает ошибку позиционирования по углу против часовой стрелки во всех режимах работы до 1,5°. Ошибка позиционирования по часовой стрелке в режиме ближнего света – в темной зоне 7°, в светлой зоне 7°, в точке контроля дальнего света 1,5°.

Определено влияние смещения прибора по высоте на измеряемую силу света фары в различных режимах работы. Исследование показало, что разработанный макет системы допускает ошибку позиционирования по высоте вверх в режиме ближнего света в темной зоне 90 мм, в светлой зоне 90 мм, в точке контроля дальнего света 70 мм. Ошибка позиционирования по высоте вниз в режиме ближнего света в темной зоне 40 мм, в светлой зоне 40 мм, в точке контроля дальнего света 15 мм.

В ходе работы было проведено исследование влияния внешних засветок на показания силы света прибора. Получено, что внешняя засветка (порядка 170 лк) вносит погрешность при измерении силы света фары не более 0,45%.

Разработана и исследована математическая модель измерения силы света фары, использующая в качестве модели фары два типа ламбертовских источников излучения. На основе проведенного исследования выбрана модель, использующая в качестве модели фары сферический ламбертовский излучатель. Отклонение результатов, рассчитанных с помощью модели, с результатами, измеренными прибором, составило порядка 10%.

Таким образом, в результате проведенной работы был разработан и изготовлен макет системы, позволяющий моделировать этапы контроля технического состояния фар автотранспортного средства. Проведены оригинальные исследования с использованием разработанной системы, полностью отвечающие требованиям технического задания.

Научная новизна разработки состоит в применении методов цифровой обработки изображения светораспределения фары для объективной оценки положения светотеневой границы. Новым является использование теле-видео детектора для контроля положения светового пучка фары.

Практическая значимость разработанного макета прибора состоит в возможности его использования в учебных целях как лабораторный прибор при изучении таких разделов как: принцип работы фотодиодов, измерение силы света источников излучения, принцип формирования светотеневой границы, фотометрия. Следовательно, такое устройство может быть полезно в учебных целях как лабораторный прибор. Созданный макет может быть использован для моделирования реглоскопов нового поколения с цифровой обработкой изображения светораспределения фары.

Дальнейшими перспективами развития системы являются: разработка крепежной стойки и устройства позиционирования прибора, разработка программного обеспечения для автоматизированной работы системы, повышение точностных характеристик прибора и его калибровка с помощью эталонных источников освещения.

Литература

1. Арбузов Н.С. Оптико-электронная система контроля установки фар автотранспортного средства // Сб. трудов молодых ученых XLI научной и учебно-методической конференции НИУ ИТМО. – 2012. – 128 с.
2. Арбузов Н.С. Анализ погрешностей позиционирования реглоскопа на измерение силы света фары // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых, Вып. 2. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – С. 124–125.
3. ГОСТ Р 51709-2001. Государственный стандарт Российской Федерации. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки. – Введ. 01.02.2001. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 38 с.

Астрединова Надежда Витальевна
Год рождения: 1986
Факультет точной механики и технологии,
кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии,
группа № 6664
Направление подготовки: 160400 – Контроль качества изделий ракетно-космических комплексов
e-mail: Astra-Nadezhda@yandex.ru

УДК 53.082.4

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ЛАЗЕРНО-УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ

Н.В. Астрединова
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.В. Федоров

В данной работе приводятся результаты неразрушающего контроля качества тонкостенных паяных соединений на наличие или отсутствие дефектов типа «непропай» в камерах сгорания жидкостных ракетных двигателей (ЖРД). При изготовлении ЖРД неразрушающие методы контроля качества паяных соединений стенок не используются. Контроль качества пайки подтверждается косвенными методами, в том числе прочностными и огневыми испытаниями, которые иногда могут привести к разрушению камеры ЖРД. Количество дефектных сопел после огневых испытаний можно увидеть на рис. 1.

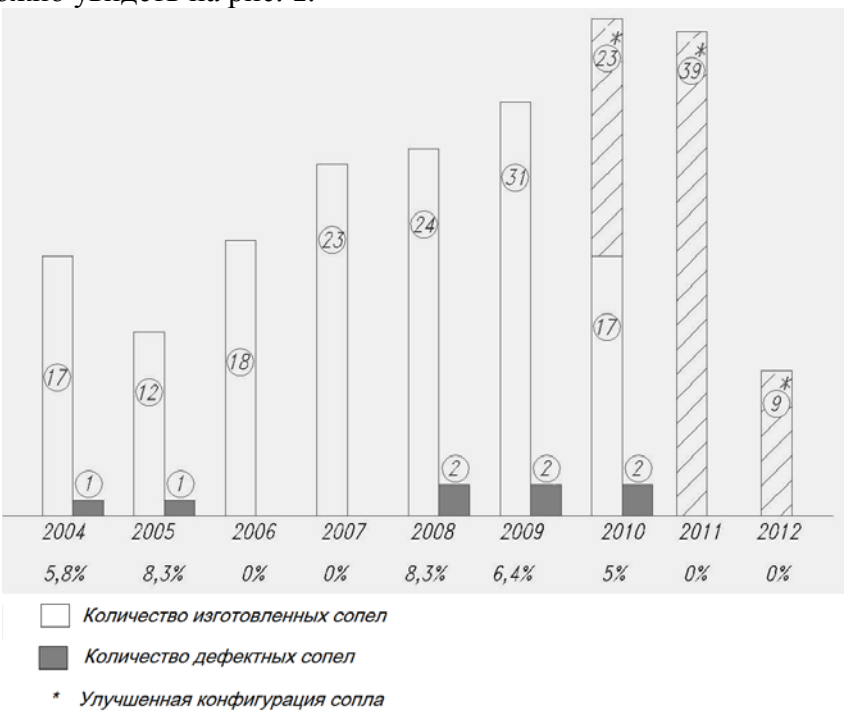


Рис. 1. Процент дефектных сопел после огневых испытаний (по данным завода – изготовителя ОАО «Конструкторское бюро химавтоматики»)

Использование неразрушающих методов контроля, позволяющих избежать разрушения готового изделия, приводит к сокращению времени и снижению материальных затрат.

Целью работы было применение неразрушающего метода контроля, обеспечивающего контроль качества паяных соединений камер жидкостных ракетных двигателей, с помощью метода лазерно-ультразвуковой диагностики. Для достижения поставленной цели были рассмотрены конструкционные особенности изготовления паяных соединений камер. Камеры ЖРД представляют собой геометрически сложные конструкции с множеством различных внутренних полостей. Это обстоятельство обуславливает сложность технологии пайки, особенно таких ее элементов как нанесение припоя и обеспечение стабильности величины гарантированного зазора между сопрягаемыми элементами.

Наиболее показательным является процесс изготовления паяных соединений сопел камер ЖРД ракеты-носителя «Союз 2». Сопло камеры имеет сложную геометрическую форму верхнего коллектора, который является концентратором напряжений. В связи с этим в качестве объекта контроля (ОК) была выбрана зона подколлекторного кольца (рис. 2).

Рис. 2. Особенности конструкции верхнего коллектора

Геометрические характеристики элементов изделия, существенно влияющие на возможность проведения контроля качества пайки следующие:

- толщина стенки внешней – от 0,5 мм до 0,8 мм;
- толщина стенки внутренней (стенка + ребро) – от 2,1 мм до 2,4 мм;
- ширина ребра – 0,8 мм;
- высота ребра – 1,5 мм;
- расстояние между ребрами – 1,15 мм;
- толщина стенки наружной – 0,8 мм, в районе коллектора от 3,5 мм до 4,5 мм.

Типовыми дефектами паяных соединений, возникающими как в процессе изготовления, так и при эксплуатации, является отсутствие контакта (несплошность: неспай, непропай, отрыв) между спаиваемыми поверхностями вследствие нарушения технологии или больших тепловых и (или) механических напряжений. Дефекты типа неспай (непропай, отрыв) являются наиболее опасными и существенно снижают показатели качества изготовления изделий, такие как прочность и долговечность.

Для оценки качества паяных изделий применяются разрушающие и неразрушающие методы контроля. Применение разрушающих методов контроля паяного изделия оговаривается техническими условиями на изделие, но ввиду высокой стоимости и сложности конструкции сопел камер ЖРД применение разрушающих методов экономически необоснованно. Контроль качества паяных соединений проводиться традиционными методами контроля, такими как радиационный, акустический и вихретоковый.

Применение радиационного контроля показал, что из-за отсутствия плоскопараллельности поверхностей, постоянно меняющегося радиуса кривизны, ориентации неспая (непропая, отрыва) применение данного метода на современном этапе развития невозможно.

Вихретоковой метод пригоден для обнаружения поверхностных и подповерхностных дефектов, таких как коррозия, износ, эрозия, питтинг, повреждения и утончение стенок. При использовании вихретокового метода невозможно контролировать элементы деталей и конструкций:

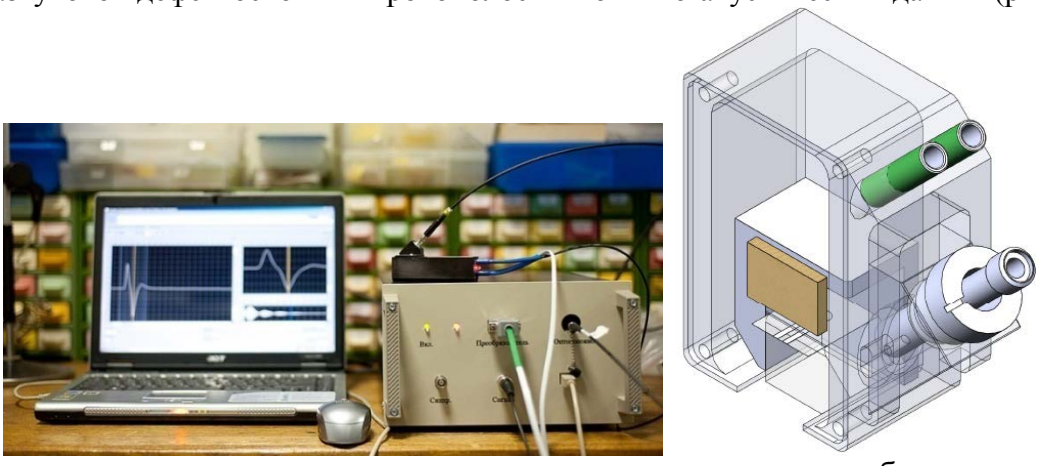
- при резком изменении свойств магнитных или электрических;
- дефекты, полость которых располагается параллельно поверхности контроля (паяные соединения камер ЖРД) или составляет угол относительно поверхности менее 10°;
- если не снято усилие на сварном шве.

Акустический метод – один из основных физических методов диагностики состояния материалов, изделий, в котором параметры упругих волн, возбуждаемые или возникающие в объекте контроля. Преимущества акустического метода: возможность контроля большой толщины по сравнению с радиографией, безопасность и меньшие затраты, выявление дефектов малого раскрытия. Но также есть ряд недостатков: объемные дефекты выявляются плохо, не выявляются дефекты, расположенные перпендикулярно направлению распространения волны, по сравнению с радиационными методами сложнее определить вид дефекта.

Существенным недостатком данного метода при контроле качества паяных соединений камер ЖРД является наличие в приборах мертвой зоны и невозможность определять дефекты на глубине меньшей, чем отражающая способность дефектоскопа.

В связи с этим конструкция камер жидкостных ракетных двигателей является неконтролепригодной для данных методов. Для проведения контроля качества паяных соединений предлагается новый лазерно-ультразвуковой метод неразрушающего контроля, основанный на использовании термооптического возбуждения ультразвука.

Учитывая особенности изготовления паяного соединения, конструкционные особенности сопла камеры и типовые дефекты, возникающие в паяных соединениях, была разработана методика контроля качества паяных соединений с применением метода лазерно-ультразвуковой диагностики. Средствами контроля являются лазерно-ультразвуковой дефектоскоп и широкополосный оптико-акустический датчик (рис. 3).



а б

Рис. 3. Лазерно-ультразвуковой дефектоскоп (а) и широкополосный оптико-акустический датчик (б)

При контроле качества паяных соединений камер ЖРД методом лазерно-ультразвуковой диагностики необходимо выполнять операции, заключенные в методике контроля.

Контроль качества паяных соединений камер ЖРД проводится путем ручного сканирования. Поверхность ОК должна быть гладкой (рекомендуемая шероховатость

не более Ra6,3) и без видимых неровностей, раковин, трещин, вмятин и выпуклостей, при необходимости рабочую поверхность ОК обезжирить (спирт, ацетон).

Акустический контакт между рабочей поверхностью ОК и рабочей поверхностью оптико-акустического преобразователя (датчика) обеспечивается через тонкий иммерсионный слой контактной жидкости, например, дистиллированная вода, соногель, масло, глицерин. При необходимости в процессе сканирования периодически добавляется контактная жидкость для поддержания акустического контакта.

При контроле в процессе сканирования необходимо располагать датчик (рис. 4) на контролируемой поверхности с усилием не более 1 кг перпендикулярно поверхности. Контроль качества акустического контакта проводиться по акустическому изображению на мониторе информационно-измерительного комплекса.

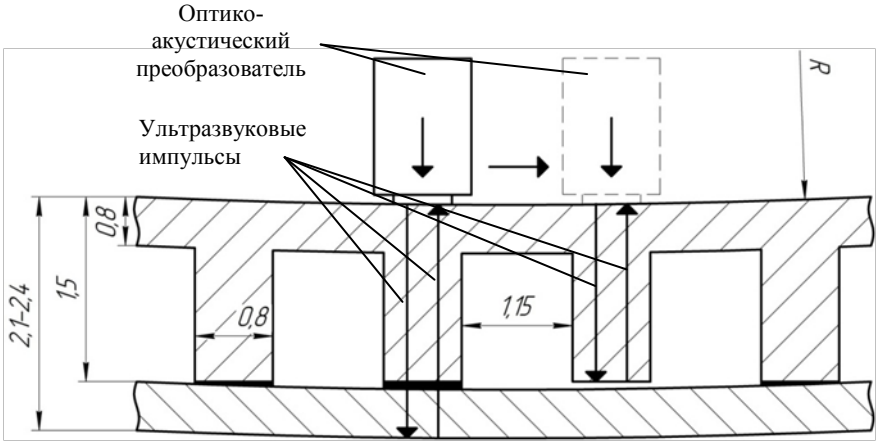


Рис. 4. Схема расположения преобразователя и распространения ультразвуковых волн в объект контроля

Сканирование исследуемой поверхности ОК проводиться со скоростью примерно 0,2 см/с. Пройдя один участок контроля, остановить регистрацию сигналов, сохранить данные сканирования в виде файла, которому присваивается имя. После чего последовательно повторить данное сканирование с шагом 0,5–1 мм для всех участков контроля по всей поверхности исследуемого образца.

Полученная при сканировании информация сохраняется в базе данных в исходном виде (в виде дефектограмм). По окончании сканирования подколлекторной зоны для анализа полученных дефектограмм открыть требуемый файл с данными сканирования в специализированной программе.

Для определения дефектов типа несплошность (непропай, неспай) в подколлекторной зоне после проведения исследований необходимо проанализировать полученные дефектограммы.

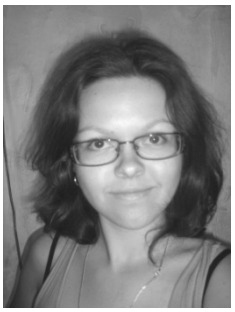
Результаты экспериментальных исследований и методика лазерно-ультразвуковой диагностики качества паяных соединений камер ЖРД показал, что данный метод является наиболее пригодным методом неразрушающего контроля для последующей отработки и внедрения на заводе-изготовителе. Данный метод лазерно-ультразвуковой диагностики позволяет:

- проводить сканирование ОК с заданными требованиями;
- обеспечивать постоянство акустического контакта и нормированное усилие прижима преобразователя;
- получать корректные оптико-акустические изображения;
- проводить обработку оптико-акустических изображений паяных соединений камер ЖРД;

- сопоставлять результаты контроля с требованиями конструкторской документации к качеству ОК;
- по результатам контроля выдавать заключение о качестве паяного соединения камеры ЖРД.

Литература

1. Макаров Ю.Н. и др. Актуальные проблемы неразрушающего контроля качества космической техники: монография / Под общ. ред. Ю.Н. Макарова, В.Е. Прохоровича, А.И. Птушкина. – СПб: Альтеор, 2008. – 358 с.
2. Быченок В.А., Кинжагулов И.Ю. Лазерно-ультразвуковой контроль тонкостенных паяных соединений камер жидкостных ракетных двигателей // Изв. вузов. Приборостроение. 2011. – Т. 54(7). – С. 50–54.
3. Быченок В.А., Кинжагулов И.Ю. Методика лазерно-ультразвукового контроля качества изготовления паяных соединений // Изв. вузов. Приборостроение. 2013. – Т. 56(5). – С. 94–98.
4. Воробей В.В., Логинов В.Е. Технология производства жидкостных ракетных двигателей: учебник. – М.: МАИ, 2001. – 496 с.
5. ГОСТ 17325-79. Пайка и лужение. Основные термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 22 с.
6. ГОСТ 18353-79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 18 с.
7. ГОСТ 24715-81. Соединения паяные. Методы контроля качества. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 11 с.
8. Ермолов И.Н., Ермолов М.И. Ультразвуковой контроль: учебник для специалистов первого и второго уровней квалификации. – М.: Азимут, 2006. – 208 с.
9. Калиниченко Н.П., Викторова М.О. Атлас дефектов паяных соединений: учебное пособие. – Томск: ТПТУ, 2012. – 83 с.
10. Каневский И.Н., Сальникова Е.Н. Неразрушающие методы контроля. – Владивосток: ДВГТУ, 2007. – 243 с.
11. Неразрушающий контроль: Справочник / Под общ. ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 2006. – 854 с.



Бабкина Анастасия Николаевна
Год рождения: 1990
Факультет фотоники и оптоинформатики,
кафедра оптоинформационных технологий и материалов,
группа № 6351
Направление подготовки: 200700 – Наноматериалы и нанотехнологии фотоники и оптоинформатики
и оптоинформатика
e-mail: babkinauha@ya.ru

УДК 544.032.4

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЭКСИТОННОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ CUCL КВАНТОВЫХ ТОЧЕК, РАСПРЕДЕЛЕННЫХ В НЕОРГАНИЧЕСКОМ СТЕКЛЕ

А.Н. Бабкина
Научный руководитель – д.х.н., профессор В.А. Цехомский

В представленной работе в качестве объекта исследования были выбраны стекла с нанокристаллами галогенидов меди (I). Стекла с нанокристаллами хлорида и бромида меди (I) известны уже на протяжении нескольких десятилетий и интересны благодаря своим свойствам, таким как фотохромность, нелинейность и крутая граница интенсивного экситонного поглощения в ближней ультрафиолетовой области. Сами по себе макрокристаллы хлорида и бромида меди (I) легко растворимы в воде, поэтому их использование и изучение при контакте с воздушной атмосферой затрудняется. Выход был найден введением микродисперсной фазы, содержащей галогениды меди (I), в стеклянную матрицу. Первоначально нанокристаллы галогенидов меди были выделены в стеклах натриево-алюмоборосиликатной матрицы. Эти стекла обладают фотохромными свойствами, т.е. при воздействии излучения определенной длины волны у них появляется интенсивная полоса поглощения в видимой области. Проведенные на данных стеклах температурные исследования показали, что при температуре порядка 330–350°C происходит плавление нанокристаллической фазы, содержащей галогениды меди [1]. Этот результат показался очень интересным, однако, он остался в рамках фундаментальных исследований.

Пару лет назад, когда в стенах кафедры ОТиМ НИУ ИТМО было синтезировано второе по счету стекло с нанокристаллами галогенидов меди, ситуация с температурными исследованиями изменилась. Новое стекло имело калиево-алюмоборатную матрицу, и оно в отличие от своего предшественника не имело фотохромных свойств. А при проведении исследований методом малоуглового рентгеновского рассеяния при повышенных температурах было обнаружено, что температура плавления нанокристаллической фазы в стекле снизилась до 180–200°C [2]. Так как данные стекла также обладают крутой границей поглощения в ближней УФ области и могут служить фильтром оптического излучения, то было принято решение провести на них температурные измерения в оптическом диапазоне.

Первой задачей в рамках настоящей работы было создание экспериментальной установки, на которой возможно было осуществление подобного рода измерений. Основными компонентами установи стали: источник излучения широкого спектра, охватывающий области видимого и ближнего УФ диапазона, приемник излучения, чувствительный в этой области, и портативная печь, которая позволяла нагревать исследуемые образцы до необходимых нам температур и при этом не мешала проводить оптические измерения (рис. 1).

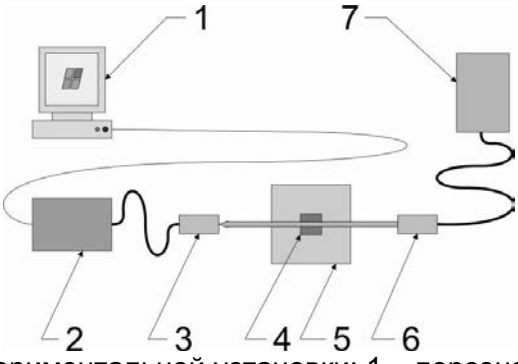


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – персональный компьютер; 2 – спектрометр фирмы Avalar; 3 – головка приемника спектрометра, подсоединенная к нему при помощи оптического волокна; 4 – образец стекла; 5 – термоячейка; 6 – головка источника; 7 – дейтериевая лампа с волоконным выходом

Второй задачей было непосредственное проведение температурных исследований на стеклах, химический состав нанокристаллической фазы которых отличался. А именно, были исследованы стекла двух разных составов, в матрице которых в процессе термообработки выделялись нанокристаллы в первом случае бромида меди (I), во втором случае хлорида меди (I). Методика проводимого исследования заключалась в последовательной регистрации спектров поглощения образцов в области полосы экситонного поглощения с постоянным временным интервалом при одновременном нагревании образца стекла. Основным результатом стали зависимости интенсивности поглощения на длине волны максимума полосы экситонного поглощения от температуры: для стекол разных составов и образцов разных режимов термообработок (рис. 2).

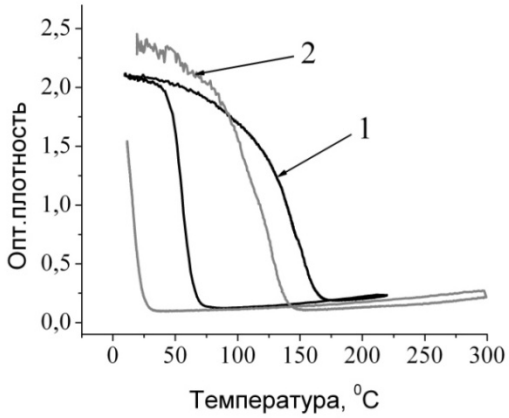


Рис. 2. Температурные зависимости интенсивности оптической плотности на длине волны максимума полосы экситонного поглощения для стекла с нанокристаллами: 1 – CuBr и термообработкой 390°C 10 ч; 2 – CuCl и термообработкой 390°C 50 ч (толщина образцов 210 мкм)

Температуры плавления и кристаллизации, полученные на калиево-алюмоборатных стеклах в оптическом диапазоне также оказались намного меньше, чем полученные на стеклах боросиликатной матрицы. Было обнаружено, что при увеличении температуры термообработки температурная зависимость интенсивности поглощения сдвигается в область больших температур. Этот результат был получен на стеклах всех исследуемых составов и был связан с тем, что при увеличении температуры термообработки увеличивается размер выделяющейся в процессе термообработки нанокристаллической фазы. При сравнении данных, полученных на стеклах разных составов, было выявлено, что температуры плавления и кристаллизации нанокристаллов CuBr выше, чем аналогичные температуры у нанокристаллов CuCl. Это

различие характеристических температур было объяснено наличием в нанокристаллической фазе помимо нанокристаллов галогенидов меди (I) также нанокристаллов галогенидов калия. При условии, что данные кристаллы образуют эвтектические системы CuHal-KHal, температура плавления таких систем будет меньше, чем у чистых нанокристаллов CuHal. Было сделано предположение о том, что при усложнении состава кристаллической фазы температурная зависимость интенсивности поглощения будет сдвигаться в сторону меньших температур, вплоть до температур, которые обычно фигурируют при работе электрооптических установок.

В результате проведения исследования была создана установка для проведения измерений в оптическом диапазоне при различных температурах образца стекла. Был сделан вывод о том, что режим термообработки влияет на характеристические температуры выделяемой в процессе термообработки в матрице стекла нанокристаллической фазы, содержащей галогениды меди. Было сделано предположение о наличии в нанокристаллической фазе помимо галогенидов меди (I) также галогенидов щелочных металлов, вводимых в шихту, что приводит к снижению характеристических температур.

В качестве дальнейших исследований было предложено ввести в состав стекла другие галогениды и другие щелочные металлы помимо уже вводимых. Также предложено провести температурные исследования люминесценции полученных калиево-алюмоборатных стекол, так как в отличие от боросиликатных стекол, они обладают люминесцентными свойствами при комнатной температуре [3].

Литература

1. Dotsenko A.V., Glebov L.B. and Tsekhomsky V.A. Physics and Chemistry of Photochromic Glasses. – New York: CRC Press. – 1998. – 187 p.
2. Golubkov V.V., Kim A.A., Nikonorov N.V., Tsekhomskii V.A., Shirshnev P.S. Precipitation of nanosized crystals CuBr and CuCl in potassium aluminoborate glasses // Glass Physics and Chemistry. – 2012. – V. 38. – № 3. – P. 259–268.
3. Бабкина А.Н., Никоноров Н.В., Сидоров А.И., Шахвердов Т.А., Ширшнев П.С. Идентификация центров люминесценции в стеклах с ионами меди и хлора // Научно-технический вестник ИТМО. – 2013. – № 3(85). – С. 129–132.

Бадретдинова Юлия Ирековна
Год рождения: 1990
Факультет оптико-информационных, систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики,
группа № 6309
Направление подготовки: 200400 – Прикладная оптика
e-mail: julianefrit@hotmail.com

УДК 681.7.068.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ СВЕТОВОДА НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Ю.И. Бадретдинова
Научный руководитель – д.т.н., доцент А.О. Вознесенская

Особый вид волоконных световодов – световоды с изменяющимся по длине диаметром – конические световоды, используются в приборах различного назначения наряду с цилиндрическими. Их также применяют в осветительных системах эндоскопов и других приборов, в оптоволоконных датчиках, в лазерах, телекоммуникационных сетях и др. Основные функции конических световодов в этих приборах – концентрация, передача энергии оптического излучения, масштабирование изображений.

Производителей волоконных световодов интересует вопрос, какими геометрическими параметрами должны обладать конические световоды, чтобы наиболее эффективно решить задачу концентрации оптического излучения. В результате анализа литературных источников не обнаружено информации о наиболее оптимальной геометрической структуре конических световодов.

Целью работы было определение структуры конического световода, обеспечивающей максимальную энергетическую эффективность.

К задачам работы относится:

1. разработка модели конического световода в среде автоматизированного проектирования ZEMAX;
2. анализ энергетической эффективности световодов различной конфигурации с помощью разработанной модели;
3. выявление оптимальной конфигурации световодов.

Для исследования влияния формы световода на его энергетическую эффективность была разработана его модель в программе для автоматизированного проектирования оптических систем ZEMAX в режиме непоследовательного расчета лучей. В качестве критерия энергетической эффективности световода рассматривалась величина максимальной облученности приемника излучения $E_{\max}$ (Вт/см^2). Были рассмотрены световоды с различными значениями диаметров входного и выходного торца, углом раствора конуса и из различных материалов.

По результатам моделирования были построены графики зависимости максимальной облученности приемника от радиуса сердцевины выходного торца (рис. 1), размер которого варьировался для различных значений угла раствора конуса.

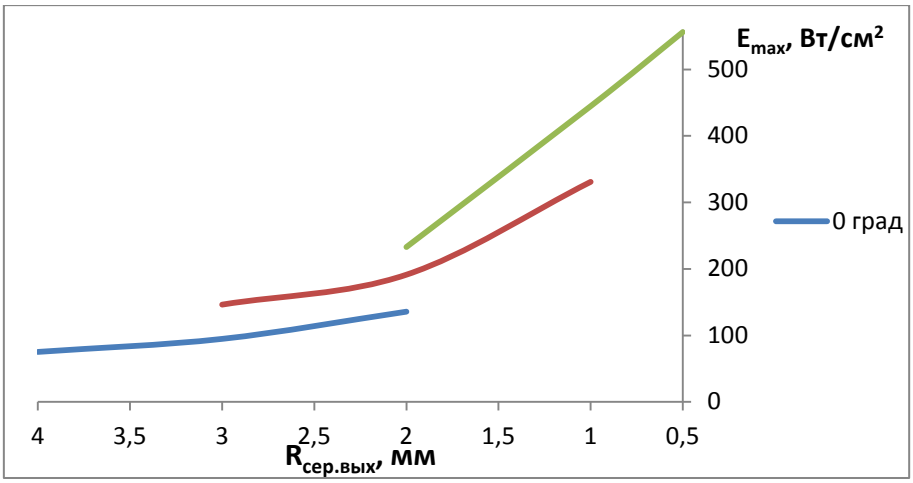


Рис. 1. Зависимость максимальной облученности приемника излучения от радиуса сердцевины выходного торца световода

Из построенных зависимостей видно, что максимальная энергетическая эффективность достигается в световодах с малыми значениями диаметров сердцевины и большим углом раствора конуса (рис. 2) и, что при увеличении угла раствора конуса значение максимальной облученности увеличивается.

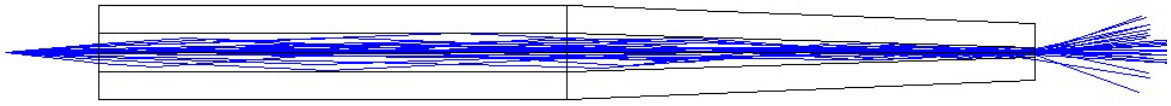


Рис. 2. Конический световод с малым диаметром сердцевины и большим углом раствора конуса

Также были исследованы световоды со сферическим выходным торцом (рис. 3), наличие которого уменьшает расходимость пучка на выходе из световода и сдвигает плоскость максимальной концентрации энергии на некоторое расстояние от выходного торца световода. Было выявлено, что такая конфигурация эффективна для конических световодов с достаточно большим значением диаметра сердцевины.

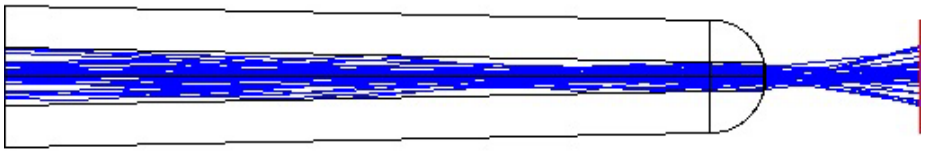


Рис. 3. Конический световод со сферическим выходным торцом

Полученные в результате работы зависимости могут быть использованы в дальнейшем при расчете и проектировании концентраторов лазерного излучения или других устройств на основе конических световодов.

Литература

1. Иванов Г.А., Первадчук В.П. Технология производства и свойства кварцевых оптических волокон: учебное пособие. – Пермь: Изд-во ПНИПТУ, 2011. – 171 с.
2. Никоноров Н.В., Сидоров А.И. Материалы и технологии волоконной оптики: специальные оптические волокна: учебное пособие, курс лекций. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 130 с.
3. Пржевуский А.К., Никоноров Н.В. Конденсированные лазерные среды: учебное пособие, курс лекций. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 147 с.
4. Шумкова Д.Б., Левченко А.Е. Специальные волоконные световоды: учебное пособие. – Пермь: Изд-во ПНИПТУ, 2011. – 178 с.

Бондарев Юрий Олегович
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологий, кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии, группа № 6664
Направление подготовки: 160400 – Контроль качества изделий ракетно-космических комплексов
e-mail: yb@pamega.ru

УДК 53.082.531

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ЭНДОСКОПИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СКРЫТЫХ ПОЛОСТЕЙ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Ю.О. Бондарев
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.В. Федоров

В ходе выполнения работы была разработана методика эндоскопического контроля скрытых полостей камеры жидкостного ракетного двигателя (ЖРД). Данная методика позволяет проводить неразрушающий контроль внутренних полостей изделия РД 171М с применением специально разработанного видеоэндоскопического программно-аппаратного комплекса.

Проблемная ситуация, заключающаяся в противоречии между необходимостью обеспечения контроля узлов и агрегатов ЖРД с измерением геометрических параметров дефектов, в особенности контроля форсуночной головки камеры сгорания – с одной стороны, и недостаточной проработкой методики решения подобной задачи на основе использования современных методов и средств эндоскопии – с другой.

Научная задача, решаемая в настоящей работе, может быть сформулирована следующим образом – разработка методики эндоскопического контроля камеры сгорания ЖРД.

Целью исследований была разработка методики эндоскопического контроля узлов и агрегатов ЖРД посредством измерительного видеоэндоскопа, позволяющей повысить качество изделия. Достижение указанной цели позволит решить сформулированную выше научно-техническую проблемную ситуацию. При этом в качестве объекта исследования выступают дефекты различного типа в камере сгорания ЖРД, а в качестве предмета исследования – визуально-измерительный метод при помощи эндоскопического оборудования.

Для достижения цели работы поставлены и решены следующие основные и взаимосвязанные задачи:

- проведение анализа конструкционных особенностей ЖРД;
- разработка программно-аппаратного эндоскопического комплекса;
- разработка специализированного программного обеспечения (ПО) для обработки и документирования изображений;
- разработка методики эндоскопического контроля ЖРД.

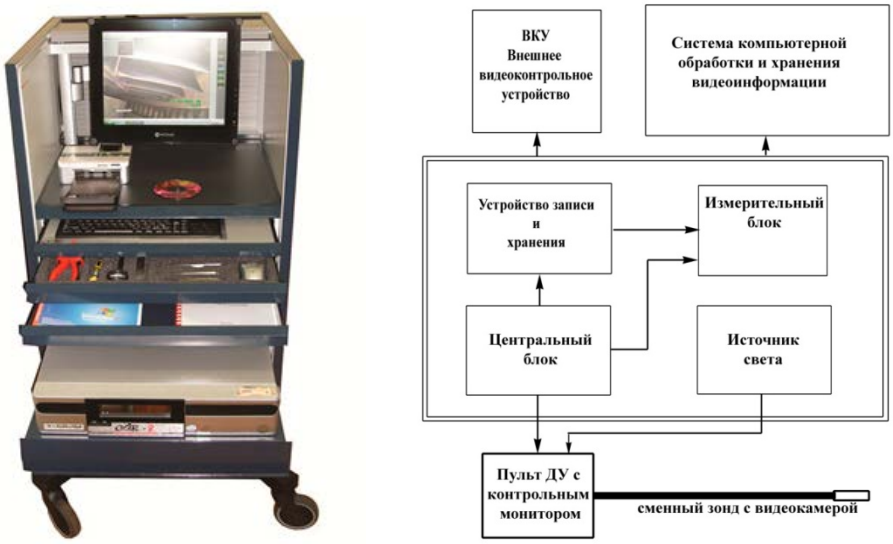
Настоящая работа содержит оригинальные результаты, полученные в ходе исследований автором лично.

Научная новизна работы состоит в корректном обосновании применимости методов визуально-измерительного вида контроля с помощью эндоскопа для проведения измерений геометрических характеристик дефектов с использованием программно-аппаратного эндоскопического комплекса.

Практическая значимость работы состоит в доведении результатов выполненных исследований до уровня методики, применение которой позволяет обнаруживать дефекты в скрытых полостях ЖРД.

Достоверность полученных результатов подтверждается опытной отработкой методики эндоскопического контроля скрытых полостей камеры ЖРД в ОАО «НПО Энергомаш» им. академика В.П. Глушко».

Разработанный в процессе выполнения работы комплекс представляет собой современную компьютеризированную видеосистему, позволяющую производить качественный визуально-измерительный контроль состояния камеры ЖРД с наблюдением контролируемых поверхностей в реальном времени на экране цветного монитора высокого разрешения и видеозаписью изображений с последующей компьютерной обработкой с помощью специализированного ПО (рис. 1).



а б

Рис. 1. Программно-аппаратный видеоэндоскопический комплекс общий вид (а); структурная схема (б)

После проведения контроля с помощью измерительного видеоэндоскопа возникает необходимость в постобработке и документировании полученных эндоскопических фото/видео изображений. В связи с этим в процессе выполнения работы было разработано специализированное ПО SRVision.

ПО SRVision включает в себя мощные современные измерительные инструменты, специальные функции, математические фильтры обработки эндоскопических изображений, базу данных, возможность менять масштаб изображений и создавать отчеты и проекты, а также описательные модули задаваемые пользователем. Вся работа с фото и видео контентом в SRVision происходит внутри специализированного проекта.

Модули обработки видеоизображений позволяют вести базу видеофрагментов, воспроизводить различные форматы видеозаписей, захватывать статические изображения из видеопотока, писать видеоданные в два типа файлов одновременно, записывать видеоданные с камер эндоскопических захватов, удаленно управлять записью видеоданных, использовать детектор движения (рис. 2, 3).

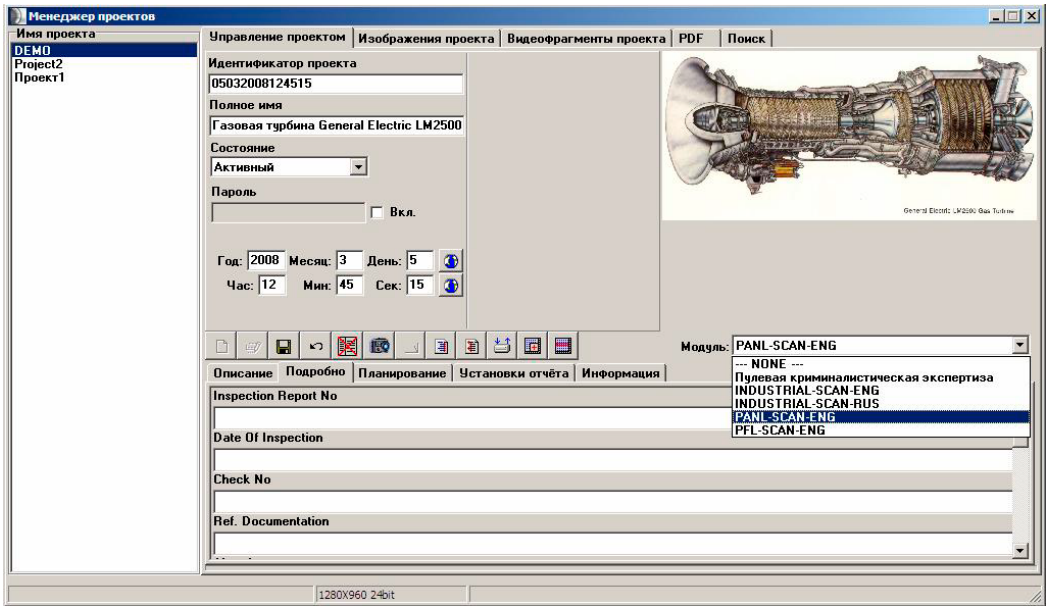
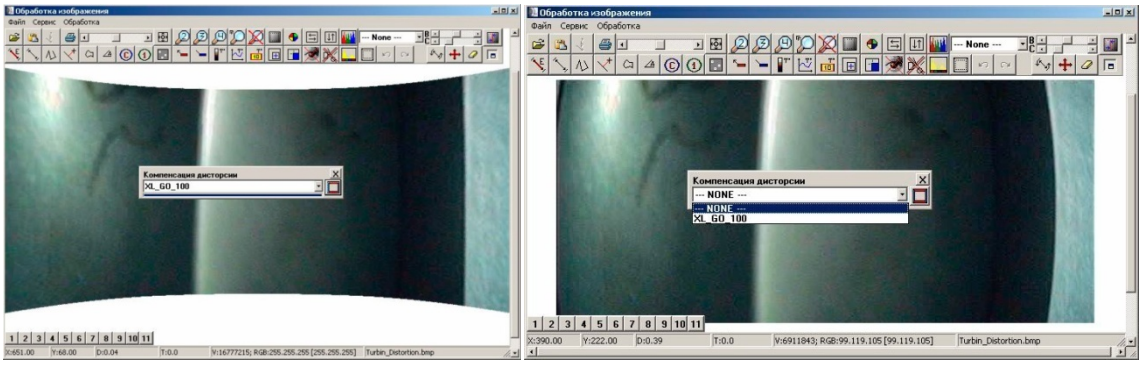


Рис. 2. ПО SRVision. Окно описательного модуля



а б

Рис. 3. ПО SRVision. Модуль компенсации дисторсии: до компенсации (а); после компенсации (б)

На данное ПО было получено свидетельство о регистрации государственной программы для ЭВМ (рис. 4).

Рис. 4. ПО SRVision. Свидетельство о регистрации государственной программы для ЭВМ

В ходе исследований разработана методика эндоскопического контроля скрытых полостей камеры ЖРД. Данная методика позволяет проводить неразрушающий контроль внутренних полостей изделия РД 171М с применением специально разработанной видеоэндоскопической системы. Требования, предъявляемые к ЖРД, показывают актуальность решения проблемной ситуации, связанной с контролем скрытых полостей камеры ЖРД.

Для решения данной проблемной ситуации были решены следующие взаимосвязанные задачи:
- проведение анализа конструкционных особенностей ЖРД;
- проведение анализа эндоскопических изображений в различных зонах контроля камер ЖРД;
- разработка методики эндоскопического контроля ЖРД;
- разработка специализированного программного обеспечения для обработки и документирования изображений.

В ходе исследований был разработан аппаратно-программный комплекс, который в настоящее время находится на этапе опытной эксплуатации в ОАО «НПО Энергомаш» им. академика В.П. Глушко».

Литература

1. Клюев В.В., Соснин Ф.Р., Ковалев А.В. Неразрушающий контроль и техническая диагностика: справочник / Под ред. Клюева В.В. – М.: Машиностроение, 2003. – 656 с.
2. Чигорко А.Б., Чигорко А.А. Узлы и системы волоконно-оптических эндоскопов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 134 с.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013614539 от 14 мая 2013 г., авторы: Толкунов Илья Львович (RU), Бондарев Олег Юрьевич (RU); Бондарев Юрий Олегович (RU).

Борисов Михаил Алексеевич
Год рождения: 1990
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга,
группа № 6212
Направление подготовки: 223200 – Теплофизические процессы и технологии
e-mail: mborisov@mail.ifmo.ru

УДК 536.241

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С ЛОКАЛЬНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ТЕПЛОТЫ

М.А. Борисов
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.И. Егоров

Развитие радиоэлектроники необратимо ведет к увеличению вычислительной мощности устройств, что, в свою очередь, приводит к увеличению электрической мощности и, как результат, мощности теплового рассеяния.

В последнее время развивается технология отвода тепла от локального источника теплоты при помощи металлизированных отверстий, которые с одной стороны контактируют с источником, а с другой стороны с теплоотводящим медным слоем, являющимся частью системы кондуктивного теплоотвода [1].

Актуальность работы определяется:
- важностью системы кондуктивного отвода тепла для встраиваемой техники, имеющей в своем составе локальные источники, рассеивающие большое количество теплоты;

– малым количеством исследований, рассматривающих влияние параметров массива металлизированных отверстий, предназначенных для отвода тепла.

Цель работы:

– сравнение температурного поля печатных плат и их теплового сопротивления для случаев без использования массивов металлизированных отверстий и с его использованием;
– сравнение различных случаев расположения отверстий в массиве, их геометрических параметров и параметров их металлизации.

Основные задачи работы:

– постановка и формализация теплофизической задачи;
– решение поставленной задачи;
– анализ полученных данных и формирование выводов.

Постановка теплофизической задачи. В работе исследуется печатная плата (ПП), изготовленная при помощи склейки слоев и состоящая из трех основных слоев: двух слоев, обобщающих плату как композитный материал (рис. 1), и одного сплошного медного теплоотводящего слоя. Теплофизические свойства данных материалов приведены в табл. 1. Исследование проведено с помощью конечно-элементной модели ПП с изменяющимися параметрами массива теплоотводящих металлизированных отверстий. Конструктив платы соответствует стандарту 2 IEEE Std. 1101.2 «Евромеханика» [2]. Общий вид исследуемой ПП представлен на рис. 1.

В задаче исследуется стационарный тепловой режим.

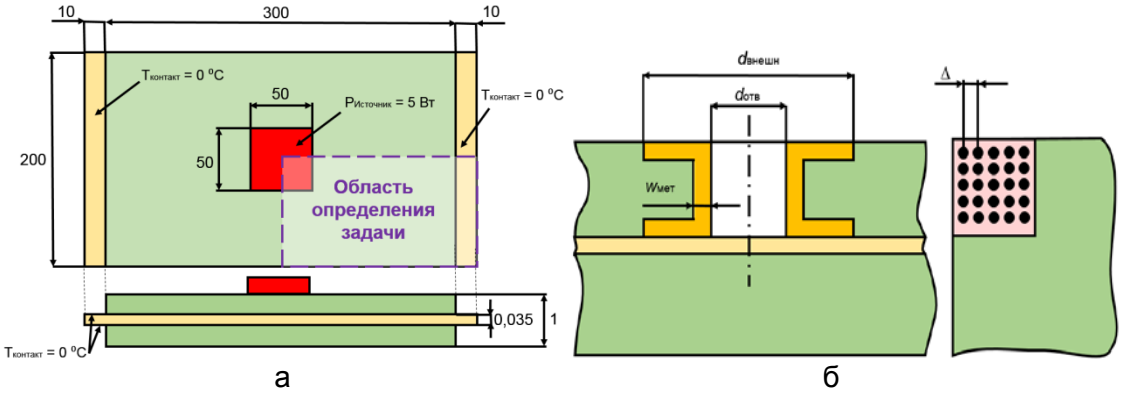


Рис. 1. Эскиз печатной платы (а) и массива теплоотводящих отверстий с указанием параметров металлизированных отверстий (б) [3]

Таблица 1. Теплофизические свойства материалов, используемых в расчетах

Материал	Температура, К	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Теплоемкость, Вт/К	Плотность, $\cdot 10^3$ кг/м^3
Стеклотекстолит	293	0,27	–	1,8
Медь (марка АМФ)		390	390	8,93
Плата, как композитный материал [4]		0,5; 5,0; 10,0	–	–

Математическая модель приведена на рис. 2.

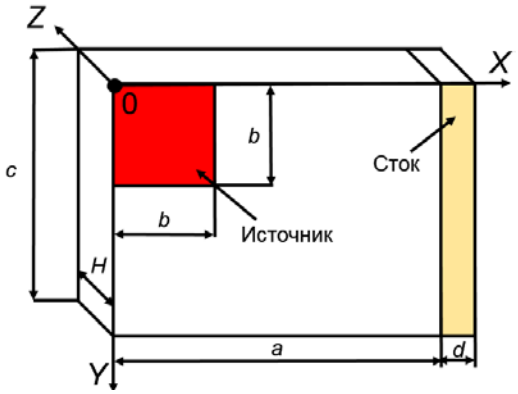


Рис. 2. Схематичное изображение области определения задачи, с размещенными на ней источником и стоком

$$\lambda_x \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \lambda_y \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \lambda_z \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} = 0 \quad \begin{cases} 0 \prec x \prec a \\ 0 \prec y \prec c \\ 0 \prec z \prec H \end{cases}. \tag{1}$$

$$\lambda = f_1(x, y, z). \tag{2}$$

$$-\lambda \frac{\partial t}{\partial z} = q\ , \qquad \begin{cases} 0 \prec x \prec b \\ 0 \prec y \prec b. \\ z = 0 \end{cases} \tag{3}$$

$$t_{\text{сток}} = t_{\text{контакт}}, \quad \begin{cases} (a-d) \prec x \prec a \\ 0 \prec y \prec c \\ z = H \end{cases}. \tag{4}$$

$$t_{\text{сток}} = t_{\text{контакт}}, \quad \begin{cases} (a-d) \prec x \prec a \\ 0 \prec y \prec c \\ z = 0 \end{cases}. \tag{5}$$

Условия теплообмена на всех прочих гранях адиабатические.

Конечно-элементная модель. Для решения задачи в среде ANSYS были составлены конечно-элементные модели задач для различных комбинаций параметров. Внешний вид конечно-элементной сетки для одного из случаев решаемой задачи показан на рис. 3.

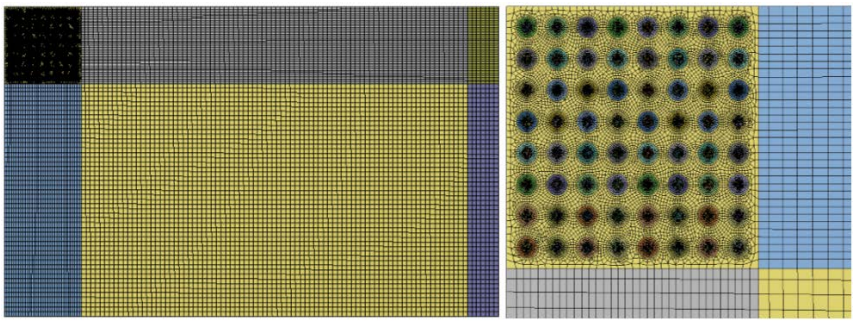
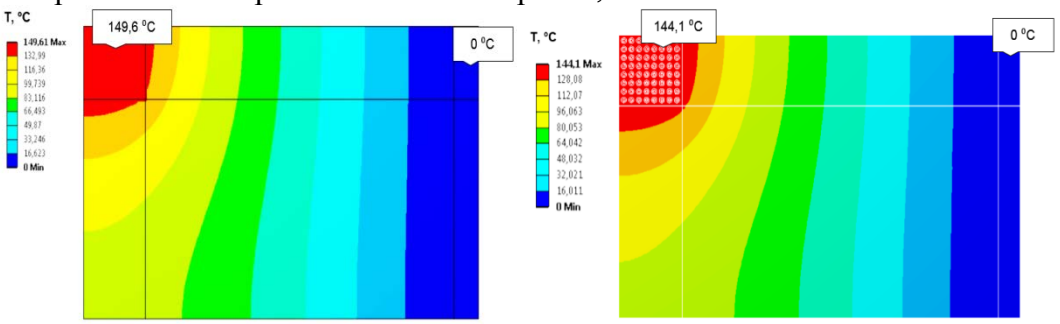


Рис. 3. Конечно-элементная сетка для одной из комбинаций параметров массива металлизированных отверстий

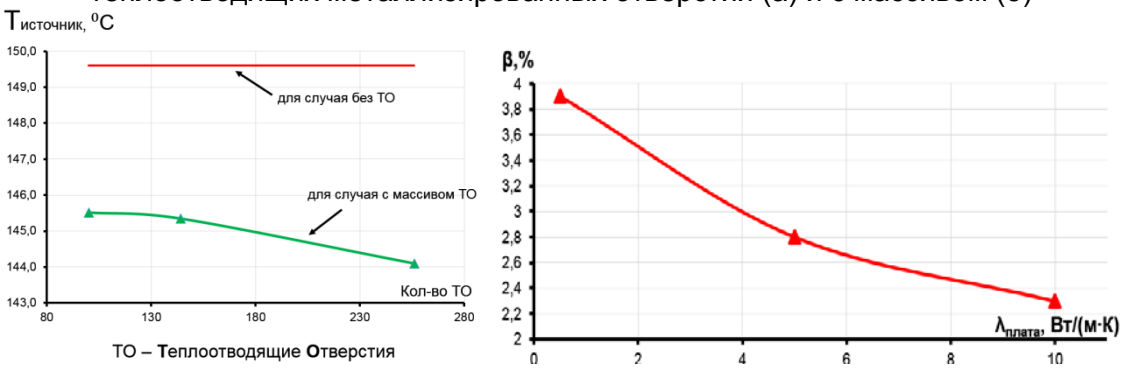
Результаты численного решения. Решение задачи проведено с помощью решателя ANSYS Mechanical, реализующего метод конечных элементов для задач теплопроводности.

Изотермы температурных полей для различных случаев показаны на рис. 4. Графики зависимости температуры источника от различных параметров ПП и массива металлизированных отверстий показаны на рис. 5, 6.



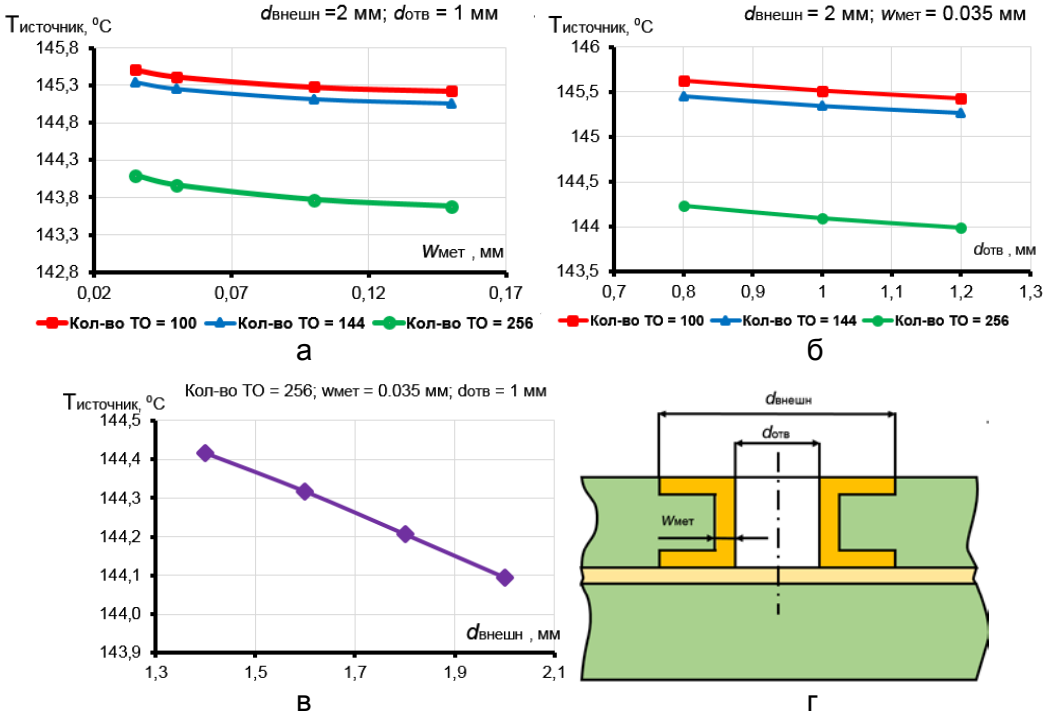
а б

Рис. 4. Изотермы температурного поля на поверхности ПП без массива теплоотводящих металлизированных отверстий (а) и с массивом (б)



а б

Рис. 5. Графики зависимости: температуры источника от количества металлизированных отверстий (а); относительного параметра β источника от теплопроводности печатной платы, где $\beta = \alpha = \frac{R_{\text{без ТО}} - R_{\text{ТО}}}{R_{\text{без ТО}}} \cdot 100\%$ (б)



а б в г

Рис. 6. Графики зависимости температуры источника: от $w_{мет}$ (а); от $d_{отв}$ (б); от $d_{внешн}$ (в) и параметры металлизированного отверстия для справок (г)

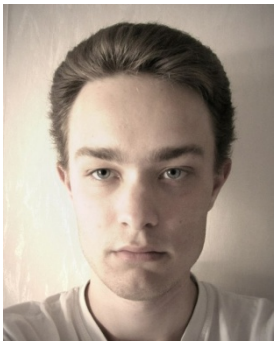
В результате проделанной работы можно сделать заключение, что технология добавления массивов металлизированных отверстий как элемента системы кондуктивного отвода тепла применима:

- для печатных плат, характеризующихся низкой эффективной теплопроводностью;
- для случаев, когда тепловое сопротивление теплоотводящего слоя сопоставимо с тепловым сопротивлением пластины стеклотекстолита, занимающей объем между источником и теплоотводящим слоем.

Наиболее существенное влияние на снижение температуры источника и понижение теплового сопротивления платы при равенстве других параметров оказывает увеличение количества теплоотводящих отверстий в массиве.

Литература

1. Винокуров А. Расчет печатных плат для светодиодов Cree серий XP и MX // Полупроводниковая светотехника. – 2010. – № 3. – С. 16–20.
2. IEEE Std. 1101.2-1992. IEEE Standard for Mechanical Core Specifications for Conduction-Cooled Eurocards: международный стандарт, 1992.
3. ГОСТ Р 51040-97. Платы печатные. Шаги координатной сетки. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 8 с.
4. Павлова А.Д. Особенности процессов теплообмена в радиоэлектронных аппаратах в герметичном исполнении: дис. канд. техн. наук. – СПб: НИУ ИТМО, 2011. – 113 с.



Виноградов Андрей Владимирович
Год рождения: 1989
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга,
группа № 6212
Направление подготовки: 223200 – Теплофизические процессы и технологии
e-mail: andrvin777@gmail.com

УДК 536.5.081.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕРВИЧНОГО ЭТАЛОНА ЕДИНИЦЫ ТЕМПЕРАТУРЫ

А.В. Виноградов
Научный руководитель – к.т.н. М.С. Матвеев

С годами возрастает потребность в повышении точности определения температуры в различных отраслях науки и производства. Диапазон используемых температур лежит в пределах от абсолютного нуля до тысяч градусов. При высоких температурах контактные средства и методы измерений становятся недоступными, вместо них используют радиационные термометры.

В течение двух последних десятилетий наблюдается интенсивное развитие радиационной термометрии, ее средств измерений и всего метрологического обеспечения [1].

Необходимость совершенствования средств передачи размера единицы температуры в радиационной термометрии определяют два основных фактора: первый – развитие электроники и второй – соглашение о взаимном признании национальных эталонов, сертификатов калибровки и измерений, выдаваемых национальными метрологическими институтами [2].

Таким образом, российский эталон единицы температуры должен соответствовать аналогам в других странах – хранить единицу температуры и воспроизводить ее с высокой точностью. Этого требует развивающаяся наука, производство и другие виды деятельности в области международных отношений. Это, в свою очередь, обуславливает необходимость постоянного знания точностных характеристик эталона и стабильности его работы.

Целью работы было исследование оптических и теплофизических характеристик эталона и его составных частей для контроля составляющих погрешности воспроизведения единицы температуры.

Для того чтобы погрешность воспроизведения и передачи единицы температуры эталоном не превышала допустимых значений, т.е. для поддержания эталона в рабочем состоянии, необходимо периодически проводить юстировку и контрольные измерения с аппаратурой, входящей в его состав. Для этих целей во ВНИИМ им. Д.И. Менделеева была разработана «Методика исследований ГЭТ 34-2007 в диапазоне от 961,78 до 3000ºС» [3]. Согласно этой методике, были проведены экспериментальные исследования следующих факторов, обуславливающих наличие составляющей неисключенной систематической погрешности:

- неточность определения длины волны;
- нелинейность фотоэлектрического тракта фотокомпаратора яркостей;
- дрейф сигнала между измерениями лампы и абсолютно черного тела;
- эффект размера источника излучения;
- рассеяние и поляризация излучения;
- внеполосовое пропускание монохроматора;
- исследования излучателя абсолютно черное тело с ампулой реперной точки меди;
- исследования температурных ламп эталона;
- исследования излучателя высокотемпературное черное тело.

В результате исследований получены фактические значения составляющих суммарной погрешности эталона.

Бюджет погрешности государственного первичного эталона единицы температуры при температуре реперной точки представлен в табл. 1.

Таблица 1. Бюджет и оценка суммарной погрешности государственного первичного эталона единицы температуры при температуре реперной точки

№	Факторы, обуславливающие наличие составляющей неисключенной систематической погрешности	Границы, мК	
		Допуск.	Фактич.
1.	Примеси в металле и графите ампулы реперной точки	20	20
2.	Излучательная способность модели черного тела	10	10
3.	Охлаждение через отверстие модели черного тела	10	10
4.	Неточность определения уровня температуры затвердевания металла	30	30
5.	Интерполяция и интегрирование	20	20
6.	Температура окружающей среды	20	20
7.	Погрешность измерения силы тока в цепи лампы	30	30
8.	Температура цоколя лампы	50	50

№	Факторы, обуславливающие наличие составляющей неисключенной систематической погрешности	Границы, мК	
		Допуск.	Фактич.
9.	Неточность определения длины волны	10	10
10.	Нелинейность фотоэлектрического тракта фотокомпаратора яркостей	10	10
11.	Дрейф сигнала между измерениями лампы и абсолютно черного тела	20	6
12.	Эффект размера источника излучения	20	62
13.	Рассеяние и внеполосовое пропускание монохроматора	10	9
14.	Нестабильность лампы	30	4
Случайная погрешность		9	10
Суммарная погрешность		51	58

Бюджет погрешности при воспроизведении и передаче размера единицы температуры эталоном при T=3000ºС представлен в табл. 2.

Таблица 2. Бюджет погрешности при воспроизведении и передаче размера единицы температуры при T=3000ºС

№	Источники составляющей погрешности	Границы, мК	
		Допуск.	Фактич.
1.	Излучательная способность модели черного тела	80	80
2.	Охлаждение через отверстие модели черного тела	40	40
3.	Неточность определения уровня температуры затвердевания металла	120	120
4.	Неточность определения длины волны	80	121
5.	Нелинейность фотоэлектрического тракта фотокомпаратора яркостей	50	96
6.	Эффект размера источника излучения	230	246
7.	Интерполяция и интегрирование	40	40
8.	Дрейф сигнала между измерениями температуры реперной точки и высокотемпературного черного тела	50	45
Случайная погрешность		38	39
Суммарная погрешность		173	196

По результатам работы сделаны следующие выводы:

- погрешность воспроизведения и передачи единицы температуры эталоном находится на уровне допустимого значения, российский эталон соответствует мировым аналогам;
- выявлены факторы, вносящие наибольший вклад в суммарную погрешность эталона;
- даны рекомендации по снижению погрешности воспроизведения и передачи единицы температуры.

Литература

1. Походун А.И. Проблемы оснащения поверочных лабораторий Госстандарта России в области температурных измерений // Законодательная и прикладная метрология. – 1997. – № 3. – С. 31–33.

2. Mutual Recognition Arrangement of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes, Международное Бюро по Мерам и Весам, Париж. – 1999.
3. Методика исследований ГЭТ 34-2007 в диапазоне от 961,78 до 3000ºС.

Горшков Павел Андреевич
Год рождения: 1991
Факультет точной механики и технологии, кафедра технологии приборостроения, группа № 6658
Направление подготовки: 200100 – Управление жизненным циклом приборов и систем
e-mail: gorshkoff91@list.ru

УДК 004.415.2

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ФОРМИРОВАНИЯ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИЗДЕЛИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАЗ ЗНАНИЙ

П.А. Горшков
Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.И. Яблочников

Возрастающая роль трехмерных моделей (3D) изделия не только в конструкторской, но и в технологической подготовке производства, требует проведения исследований по повышению эффективности использования таких моделей.

Возможность использовать трехмерную модель изделия для синтеза технологии на основе разбиения детали на конструкторско-технологические элементы (КТЭ) решила бы многие проблемы на стыке конструкторской и технологической подготовки производства (КТПП), такие как – задача конструкторской и технологической унификации, возможность оценки технологичности конструкции еще на этапе ее проектирования, недостаточный уровень системы автоматизированного проектирования (САПР).

КТЭ – это унифицированные параметрические элементы, объединяемые по способу обработки и соответствующие одной операции или одному технологическому переходу (например: пазы, фаски, канавки, отверстия и т.д.) и помещенные в базу знаний системы.

Основной **целью работы** являлось исследование существующих методик формирования модели изделия на основе КТЭ, с учетом современных тенденций информационных технологий, таких как – open-source (бесплатные приложения с открытым исходным кодом). Возможность применять методики КТПП, без огромных затрат на программное обеспечение (ПО) – весьма актуальна для малых инновационных предприятий (МИП).

В соответствии с этой целью в работе были поставлены следующие задачи:

- анализ существующих методов представления технологической информации в 3D-моделях;
- исследование возможностей современных открытых CAD-систем;
- исследования и разработка методики формирования КТЭ;

– экспериментальная разработка средства моделирования на основе открытой платформы.

Использование трехмерной геометрии изделия в «чистом» виде вместо чертежной документации не приводит к значительным качественным изменениям, а даже осложняет ряд процессов, поэтому эти два вида представления и используются параллельно на современном производстве. Для достижения значительных результатов в упрощении компьютерной обработки необходимо применять специализированный тип трехмерных моделей, способный предоставлять кроме геометрической, также и конструкторско-технологическую информацию об изделии.

Для интеграции различных подсистем системы автоматизированной ТПП (АСТПП) необходимо информацию, представляемую в техническом задании (ТЗ), параметры, сформированные по результатам анализа и извлеченные из трехмерной модели, а также полученные в результате поиска по базе данных, отражать в формализованном виде как конструкторско-технологическую модель (КТМ) изделия.

В работе предложена методика формирования КТМ и КТЭ с использованием баз знаний и апробация на основе открытой системы моделирования. Также в работе проведен анализ современных открытых CAD-систем, по результатам которого выбрана система FreeCAD.

В исследуемой методике на основе КТЭ проектирование (как конструкторское, так и технологическое) исполняется в едином цикле на этапе КПП, что существенно сокращает цикл технологической подготовки производства. При проектировании изделий с помощью КТЭ конструктор использует знания целого ряда специалистов в области конструирования, технологии изготовления, стандартизации и другую информацию, заложенную в базе знаний интегрированной системы.

Такая методика проектирования на этапе ТПП предусматривает наличие технологических модулей, соединенных с соответствующими конструкторскими элементами (КЭ). КЭ – унифицированный параметрический элемент, способный позиционироваться относительно других элементов и помещенный в базу знаний системы. В этом случае технологический процесс может синтезироваться из технологических модулей (ТМ) аналогично тому, как изделие синтезируется из КЭ. Позиционирование ТМ относительно друг друга реализуется с помощью резервирования в этих модулях необходимых технологических операций и переходов.

В процессе проектирования при создании изделия из КТЭ удобно иметь некий исходный элемент, с которого начинается проектирование, другими словами – базовый элемент, который в процессе проектирования дополняется другими (дополнительными) модулями. Таким образом, КТЭ, ТМ и КТМ удобно подразделить на две группы – базовые и дополнительные.

При добавлении нового конструктивного элемента в КТМ из библиотеки КЭ выбирается соответствующий ему шаблон, и указываются значения его параметров. Для определения положения элемента в 3D-модели указывается его положение в глобальной системой координат. От связи между элементами отношения также зависит тип операции (объединение, пересечение или вычитание), которая будет применена к помещаемому элементу относительно базового КЭ. Действия по добавлению элементов и описанию связей между ними циклически повторяются до момента получения требуемой модели.

В объединенной системе, построенной на основе данной методики, конструкторское проектирование может осуществляться в диалоговом режиме. В базе знаний конструктор ищет нужные КТЭ и формирует из них 3D-модель изделия. При этом технологическое проектирование осуществляется в автоматическом или полуавтоматическом режиме. На первом этапе для каждого КТЭ, вошедшего в 3D-

модель, из множества ассоциированных с ним ТМ выбирается по одному конкретному ТМ, удовлетворяющему конкретным параметрам изделия и условиям его изготовления (размеры, материал, партия запуска и т.д.). На втором этапе из этих ТМ синтезируется техпроцесс. Синтезированный техпроцесс может быть полностью законченным или может представлять собой в различной степени незавершенную структуру техпроцесса, дорабатываемую на следующих этапах технологического проектирования.

В конечном счете, представленная методика позволяет:

- существенно повысить производительность процесса проектирования, за счет многократного использования существующих наработок, содержащихся в базе знаний. При этом необходимо отметить, что вероятность повторного применения типового элемента заметно выше вероятности повторного применения типового изделия (детали, сборочные единицы) или типового техпроцесса его изготовления;
- решить задачи конструкторской и технологической унификации, отработки изделия на технологичность, так как применяемые модули заведомо унифицированы и технологичны;
- значительно уменьшить перечень объектов, описываемых в базе знаний, поскольку номенклатура элементов и модулей существенно меньше номенклатуры создаваемых из них изделий. Отсюда – возможность более тщательной проработки помещаемых в базу знаний проектных решений, а, посему, повышение качества проектирования;
- интегрировать конструкторское и технологическое проектирование на основе интеграции конструктивных и технологических модулей и на базе этого существенно повысить степень автоматизации создаваемых САПР;
- на основе классификаторов конструктивных и технологических модулей систематизировать базу знаний, создать эффективные информационно-поисковые системы конструкторского и технологического назначения.

На основе представленной методики было разработано средство моделирования на основе платформы FreeCAD. Программный код написан на языке Python. Система позволяет моделировать полностью параметризованные КЭ из трех базовых типов примитивов: цилиндр, конус и параллелепипед, а также редактировать, сохранять и загружать модели и элементы.

В перспективе разработанная по предложенной методике система способна широко развиваться в сторону web-среды. FreeCAD предоставляет полный доступ к графическому и внутреннему ядру системы, что дает возможность создавать информационные клиент-серверные системы формирования КТМ, отвечающие всем современным концепциям PLM.

Литература

1. Грибовский А.А. Разработка и использования интегрированных моделей изделий в автоматизированных системах технологической подготовки производства: диссерт. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – СПб, 2013.
2. Шильников П.С. Представление данных КИП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.plm-consulting.ru/pdf/cip_data_2009-11-01.pdf, своб.
3. Яблочников Е.И. Структура единого информационного пространства в автоматизированной системе технологической подготовки производства // Информационные технологии. – 2005. – № 4. – С. 16–20.
4. САПР управляющих программ – цикл статей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mehatronics.ru/2011/01/, своб.

5. Митрофанов С.П., Куликов Д.Д., Миляев О.Н., Падун Б.С. Технологическая подготовка гибких производственных систем / Под общ. ред. С.П. Митрофанова. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 352 с.
6. Горанский Г.К., Бендерева Э.И. Технологическое проектирование в комплексных автоматизированных системах подготовки производства. – М.: Машиностроение, 1981. – 456 с.
7. Цветков В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов. – Минск: Наука и техника, 1979. – 264 с.

Горячева Елена Александровна
Год рождения: 1988
Факультет точной механики и технологий, кафедра мехатроники, группа № 6673
Специальность: 221000 – Системное моделирование в мехатронике
e-mail: lenucik@mail.ru

УДК 681.2.083

РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБОВЫХ ОТВЕРСТИЙ

Е.А. Горячева
Научный руководитель – Ю.С. Монахов

В работе рассматривается метод контактного считывания информации с помощью щупа. В ряду измерительных приборов особое место занимают приборы для контроля линейных размеров. Современная концепция обеспечения производства предусматривает существенное расширение масштабов использования средств измерений и контроля в процессе изготовления изделий. Возросшие требования к качеству и высокая степень автоматизации привели к тому, что контрольно-измерительные операции, которые ранее рассматривались как необходимые, но вспомогательные работы, стали сегодня одними из основных.

Целью работы – разработать конструкцию установки для контроля параметров резьбовых отверстий в автоматизированном режиме таким образом, чтобы она включала следующие принципы:

- конструкция портативная и маневренная;
- возможность регулировки высоты для корректировки установки при ее позиционировании на рабочую поверхность;
- механизм фиксации разработать так, чтобы он включал в себя функцию центрирования измеряемого отверстия;
- возможность контроля параметров резьбы по всей окружности отверстия;
- измерения с помощью контактного метода.

Объектом контроля разработанной установки является резьба.

Резьба – поверхность, образованная при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности. Применяется как средство соединения, уплотнения или обеспечения заданных перемещений деталей машин, механизмов, приборов и т.п. [1].

Контролируемые параметры резьбы:

- наружный диаметр резьбы;
- внутренний диаметр резьбы;
- средний диаметр;
- шаг резьбы;
- угол профиля резьбы;
- рабочая высота профиля резьбы.

Существуют автоматизированные длинномеры иностранного производства, включающие функцию контроля резьбовых отверстий, их недостатками являются габаритные размеры и высокая стоимость.

Для крепления деталей разработан механизм фиксации, принцип работы основан на принципе диафрагмы [2]. Штыри, являющиеся упорами, закреплены на лепестках механизма. При закрытых лепестках штыри вписываются в окружность 5 мм, а при полностью открытых лепестках – 130 мм, что определяет возможный диапазон измерений резьбовых отверстий. На механизме фиксации установлена крышка; пазы, сделанные на ней, повторяют траекторию движения лепестков механизма фиксации. На рис. 1 приведена конструкция механизма фиксации и ее крайних положений.

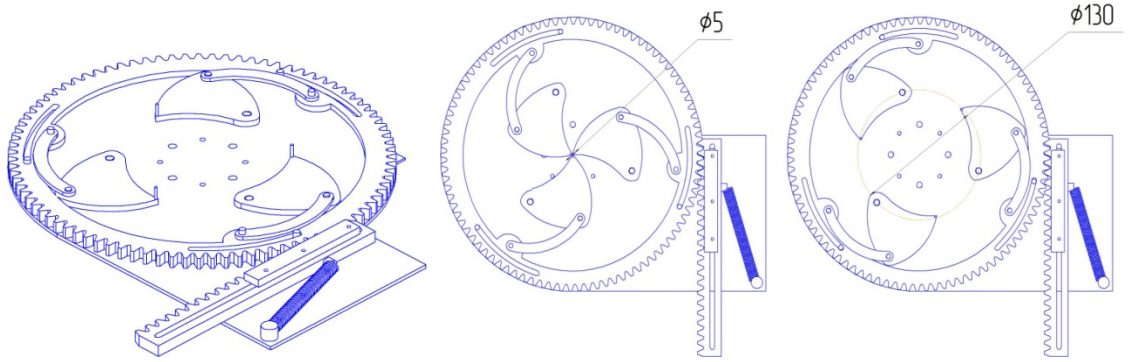


Рис. 1. Механизм фиксации (а); крайние положения: минимум (б) и максимум (в)

Чтобы провести измерения параметров объекта контроля по всей окружности, использована поворотная платформа.

В основу принципа считывания информации для параметров резьбовых отверстий была взята методика поверки для калибров резьбовых цилиндрических [3].

Алгоритм работы осуществляется следующим образом:

- в программу перед началом измерений вводят значения шага резьбы, величину измеряемой глубины и количество контрольных точек по окружности отверстия;
- в результате полученных данных программа определяет оптимальный шаг перемещения щупа и угол поворота детали;
- устанавливают и, отпустив механизм фиксатора, закрепляют деталь на столик;
- перемещают деталь таким образом, чтобы отверстие находилось под щупом;
- вводят в контакт щуп с деталью, перемещая его по оси y (вертикально), а потом по оси x (горизонтально);
- в момент столкновения датчик передаст данные в файл данных;
- щуп за счет механического срабатывания при контакте с поверхностью резьбы возвращается в исходное положение;
- действия повторяются до момента прохождения измеряемой глубины отверстия, значение которой введено в исходные данные;
- деталь поворачивают с помощью поворотного столика, количество поворотов зависит от указанных в программе контрольных точек;
- для каждой последующей контрольной точки проводят измерения на заданную в начале глубину;

- по завершению измерений данные обрабатываются;
- результаты о шаге, среднем диаметре, наружном диаметре, внутреннем диаметре, типе профиля, угле профиля выводятся на экран.

Обработка результатов включает в себя вычисление математических функций, на основании полученных данных программа достраивает границы профиля резьбы и выводит значения параметров.

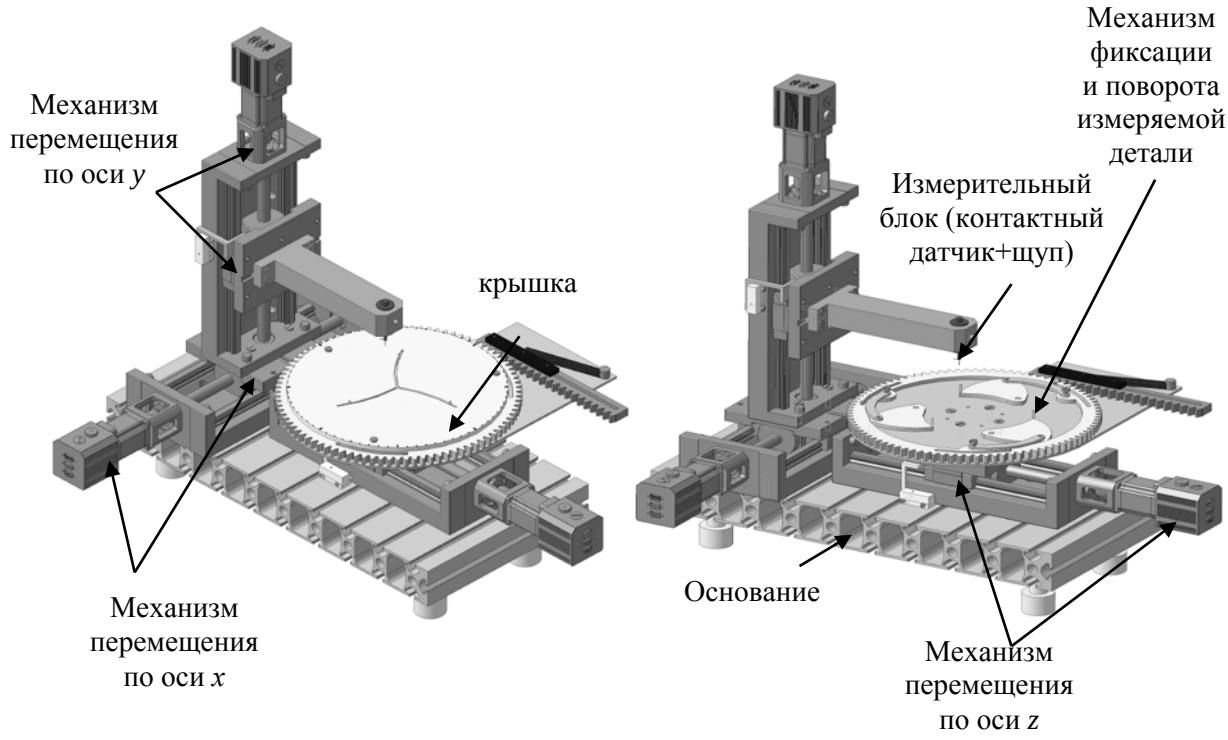


Рис. 2. Внешний вид установки для контроля параметров резьбовых отверстий

На рис. 2 приведена 3D-модель внешнего вида установки, где обозначены основные блоки элементов установки, такие как: механизмы перемещения по осям, механизм фиксации и поворота деталей, измерительный блок, включающий в себя контактный датчик и щуп.

В перспективе предусмотрена сборка опытного образца для определения эксплуатационной погрешности и погрешности метода, а также разработка методики обработки полученных результатов измерений.

Литература

1. Справочник конструктора-машиностроителя. – Т. 1. – 2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://skmash.ru/tom1.php, своб.
2. Панов В.А., Кругер М.Я. Справочник конструктора оптико-механических приборов. – 3-е изд. – М.: Машиностроение, 1980. – 371 с.
3. ГОСТ Р 8.677-2009 ГСИ. Калибры резьбовые цилиндрические. Методика поверки. – Введ. 2010-12-01 – М.: Издательство стандартов, 2012. – 32 с.
4. Дмитриев С.И., Ершова И.Г. Метрологическое обеспечение производства в машиностроении: курс лекций – Псков: Изд-во ППИ, 2010.– 184 с.

Дмитриева Екатерина Леонидовна
Год рождения: 1982
Факультет фотоники и оптоинформатики, кафедра компьютерной фотоники и видеоинформатики, группа № 6352
Направление подготовки: 200700 – Компьютерная фотоника
e-mail: blakkati@rambler.ru

УДК 519.688

ДИНАМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИГМА-ТОЧЕЧНОГО ФИЛЬТРА КАЛМАНА

Е.Л. Дмитриева
Научный руководитель – д.т.н., профессор И.П. Гуров

Бесконтактные методы исследования и контроля объектов применяются во многих отраслях науки и техники. Интерферометрические методы являются наиболее точными методами бесконтактных измерений геометрических характеристик объектов [1, 2].

Сигналы, получаемые в интерферометрических системах, содержат полезную информацию о свойствах исследуемых объектов. Одной из характеристик объекта при исследовании с помощью интерферометра малой когерентности является положение максимума огибающей интерферометрического сигнала. Значение огибающей в максимуме характеризует степень отражения от границы слоя среды. При сканировании по глубине многослойной среды формируются пики огибающей интерференционных полос малой когерентности, положение которых соответствует границам слоев. Для извлечения полезной информации об исследуемых объектах требуются быстродействующие помехоустойчивые алгоритмы обработки сигналов [3]. Особый интерес представляет класс алгоритмов на основе фильтра Калмана [1–4]. Одним из таких алгоритмов является сигма-точечный фильтр Калмана (СТФК) [5], свойства которого, применительно к восстановлению параметров интерферометрического сигнала, исследованы в данной работе.

Основной **целью работы** было исследование возможностей метода сигма-точечной фильтрации Калмана применительно к оценке параметров интерферометрических сигналов.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. построение моделей интерферометрических сигналов для исследования свойств СТФК;
2. реализация алгоритма СТФК;
3. исследование характеристик ошибок предсказания значений сигнала для расширенного фильтра Калмана (РФК) и СТФК;
4. исследование разрешающей способности метода дискретной сигма-точечной фильтрации Калмана.

Фильтр Калмана является одним из наиболее широко используемых методов оценки состояния динамической системы благодаря своей простоте и надежности. Существует линейная и нелинейная разновидности фильтра Калмана. Нелинейная фильтрация осуществляется с помощью расширенного и сигма-точечного фильтра Калмана.

Алгоритм фильтрации Калмана состоит из двух этапов: предсказание и коррекция. На этапе предсказания используется вычисленное на предыдущем шаге

состояние для получения с учетом модели системы оценочного состояния на следующем шаге. На этапе коррекции измерения, произведенные на текущем шаге, используются для уточнения информации о состоянии системы, что делает результат более точным.

Фильтр Калмана определяется уравнением наблюдения и уравнением системы. Линейный фильтр Калмана оценивает состояние линейной динамической системы, т.е. уравнение наблюдения и уравнение системы являются линейными относительно вектора параметров системы.

Линейный фильтр Калмана является оптимальным с точки зрения минимизации средней квадратической ошибки в условиях влияния гауссова шума. Применение линейного фильтра Калмана для нелинейных систем возможно при линеаризации уравнения наблюдения и (или) уравнения системы. Для оценивания состояния нелинейной динамической системы можно использовать расширенный фильтр Калмана. Он отличается от линейного фильтра тем, что уравнения системы и наблюдений могут быть нелинейными дифференцируемыми функциями, разлагаемыми в ряд Тейлора с учетом лишь первого слагаемого этого ряда.

При реализации расширенного фильтра Калмана вычисляется матрица частных производных модели сигнала по параметрам. Таким образом, расширенный фильтр Калмана осуществляет линеаризацию первого порядка нелинейных уравнений наблюдения и состояния системы. Исходя из этого, использование существенно нелинейной модели динамической системы может приводить к большим вычислительным погрешностям даже при малых погрешностях параметров модели.

В СТФК вектор параметров $\boldsymbol{\theta}$ задается с помощью минимального набора заданных точек $\boldsymbol{\chi}$. Они учитывают истинные математическое ожидание и ковариацию случайной величины. Количество сигма-точек выбирается равным $2n+1$, где n – размерность вектора параметров.

Расположение сигма-точек формируется с помощью соотношений

$$\begin{aligned} \chi_0 &= \boldsymbol{\theta}, \\ \chi_j &= \boldsymbol{\theta} + [\sqrt{(n+K)\mathbf{R}}]_j, \ j = 1 \ldots n, \\ \chi_j &= \boldsymbol{\theta} - [\sqrt{(n+K)\mathbf{R}}]_j, \ j = n+1 \ldots 2n, \end{aligned} \qquad (1)$$

где $\boldsymbol{\theta}$ – вектор параметров; $\mathbf{R}$ – ковариационная матрица; $[\sqrt{(n+K)\mathbf{R}}]_j$ – j-ый столбец матрицы $\sqrt{(n+K)\mathbf{R}}$, которая может быть найдена путем матричной факторизации Холецкого.

Веса для сигма-точек определяются в виде

$$W_0 = \frac{K}{n+K}, \ W_j = \frac{1}{2n+2K}, \qquad (2)$$

где K – коэффициент, для гауссовского распределения равный $(3-n)$.

Сигма-векторы преобразуются нелинейной функцией $\mathbf{h}(\boldsymbol{\chi}(k))$, в результате которого математическое ожидание и ковариация аппроксимируются с использованием взвешенного математического ожидания и ковариации сигма-точек.

Для сравнения характеристик нелинейных фильтров Калмана исследованы статистические свойства ошибок предсказания и их влияние на погрешность фильтрации. Полученные результаты наглядно показывают, что гистограммы отклонений значений сигнала от истинной модели носят существенно негауссовский характер. Это означает некорректность предположения о гауссовском шуме наблюдения, принимаемом в теории линейной фильтрации Калмана, применительно к

гармоническим сигналам со случайными отклонениями фазы. Алгоритм СТФК позволяет восстанавливать интерферометрический сигнал, даже если параметры сигнала изменяются случайным образом, в том числе при нелинейном преобразовании в значения сигнала. Распределение ошибок предсказания сигнала близко к гауссовскому, что характеризует корректность работы алгоритма.

Алгоритм СТФК был использован для получения динамических оценок положения максимумов огибающей интерференционного сигнала и исследована одна из важных характеристик метода – разрешающая способность.

Разрешающая способность метода определяет минимальное расстояние между двумя близлежащими максимумами, которое необходимо для обнаружения обоих максимумов, при учете влияния других более удаленных пиков.

После нахождения первого максимума необходимо учитывать его при нахождении следующего максимума и т.д. после выделения m-го пика $(m+1)$-й пик оценивается с учетом параметров всех предыдущих. Это позволяет учитывать влияние близко расположенных максимумов. Данный метод позволяет находить положения максимумов огибающей при отсутствии априорной информации о количестве максимумов огибающей сигнала.

В работе реализован и исследован алгоритм сигма-точечной фильтрации Калмана в сравнении с алгоритмом расширенной фильтрации Калмана применительно к оценке параметров интерферометрических сигналов. Проведена оценка статистических характеристик ошибок предсказания значений интерферометрического сигнала путем построения и анализа гистограмм ошибок для различных условий и изменений параметров сигналов. Выполнено моделирование операции предсказания сигнала при известных фиксированных параметрах и моделирование операции предсказания параметров сигнала для расширенного и сигма-точечного фильтра Калмана. Реализован алгоритм СТФК для восстановления огибающей интерферометрического сигнала. Показаны достоинства и недостатки метода СТФК по сравнению с РФК.

На основании полученных в работе результатов можно сделать следующие выводы.

1. Моделирование операции предсказания параметров сигнала показало гауссовскую статистику ошибок предсказания в СТФК (даже при случайных отклонениях частоты), что подтверждает корректность работы алгоритма по сравнению с РФК, в котором статистика ошибок негауссовская.
2. В РФК при уменьшении числа отсчетов на периоде сигнала проявляется значительный рост погрешности предсказания. Максимальная погрешность наблюдается вблизи экстремумов сигнала.
3. При изменяющихся параметрах сигнала или при малом числе отсчетов на периоде целесообразно использовать СТФК для обеспечения более высокой точности восстановления параметров сигнала.
4. Для повышения точности оценки параметров при использовании СТФК реализован метод, изменяющий первоначальную модель путем вычитания текущей оценки огибающей после нахождения очередного максимума. Этот метод позволяет опередить положения максимумов огибающей при априорно неизвестном числе пиков.
5. СТФК обеспечивает высокую разрешающую способность и позволяет разрешать пики огибающей, расстояние между которыми составляет 13,5% длины когерентности излучения.
6. Недостаток СТФК состоит в зависимости погрешности предсказания параметров сигнала от начальных условий. Чтобы это учесть, исследована зависимость определения погрешности максимумов в сигнале от длины интервала и от дисперсии

ошибки, и выявлены оптимальные параметры длины интервала и дисперсии ошибки, равные 4, что составляет 0,11 от полуширины гауссовской кривой, характеризующей отражение измерительной волны от границы отдельного слоя исследуемого объекта.

Литература

1. Волынский М.А., Захаров А.С. Анализ интерференционных сигналов малой когерентности на основе моделей линейной и нелинейной стохастической фильтрации // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2007. – № 37. – С. 4–9.
2. Васильев В.Н., Гуров И.П. Компьютерная обработка сигналов в приложении к интерферометрическим системам. – СПб: БХВ-Петербург, 1998. – 240 с.
3. Волынский М.А., Гуров И.П., Захаров А.С. Нелинейная стохастическая фильтрация сигналов в интерферометрах с частично когерентным освещением // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2007. – № 43. – С. 276–283.
4. Kalman R.E. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems // Transactions of the ASME–Journal of Basic Engineering. – 1960. – № 82. – С. 35–45.
5. Julier S.J., Uhlmann J.K. A New Extension of the Kalman Filter to Nonlinear Systems // Defense Sensing, Simulation and Controls. – 1997. – V. 3068. – P. 182–193.

Дуденков Никита Андреевич
Год рождения: 1990
Факультет точной механики и технологий, кафедра мехатроники, группа № 6673
Направление подготовки: 221000 – Системное моделирование в мехатронике
и робототехника
e-mail: nikita.dudenkov@gmail.com

УДК 62-529

РАЗРАБОТКА ДВУХКАСКАДНОЙ СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА ГОРОДСКИХ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ В ИНТЕРАКТИВНОМ РЕЖИМЕ

Н.А. Дуденков
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Мусалимов

Современные городские инженерные коммуникации (ГИК) могут быть характеризованы наличием информации, получение которой порой невозможно напрямую от источников, поскольку вскрытие имеющихся подземных объектов в настоящем времени является затратной процедурой. Участки ГИК содержат в себе непростую структуру, которую обязательно необходимо согласовывать со структурой всей сети в целом и ее графическим изображением на дежурном плане города. Это теплосети, для узлов которых требуется специальное описание.

Основной задачей для ГИК является оперативная реакция на обрывы в коммуникационных сетях после локации аварии – обнаружение задвижек и вентилей для прекращения поступления воды и получение схемы территории, находящейся непосредственно в месте прорыва, для более оперативной работы ремонтной бригады. Расчет наиболее оптимальных схем функционирования инженерных коммуникаций может быть затруднен из-за ненадежной работы некоторых узлов и элементов ГИК. К примеру, экстренное прекращение водоснабжения бывает отягощено из-за

неудовлетворительного состояния оборудования, долгое время находящегося в непрерывной эксплуатации. При решении задач правильного использования ГИК необходимо учитывать неопределенности различного типа, относящиеся к узлам городских инженерных коммуникаций.

Учет косвенной информации о характеристиках ГИК и условии их эксплуатации может позволить принять более точные и взвешенные решения по оценке состояния ГИК. Но, в действительности, данные о методах и способах эксплуатации использования ГИК часто являются неполными, а также могут отсутствовать полностью. В связи с этим появляется необходимость разработать математический аппарат диагностики в условиях неполной информации.

Причины неполноты информации:

- принципиальная невозможность полного сбора и учета информации о состоянии ГИК;
- некоторая недостоверность и недостаточность имеющихся данных о состоянии ГИК в условиях эксплуатации;
- возможность появления непредусмотренных свойств в процессе использования ГИК, существование которых не закладывалось при проектировании.

Отход от требований, которые были традиционными для точности измерений и являлись необходимыми во время математического анализа точно определенных процессов и систем теории нечетких множеств в связке с методами теории вероятностей и алгебры нечеткой логики, дает возможность разрешить возникающие проблемы.

Вследствие чего перед нами встает следующая задача:

- требуется определить состояние вентиля и возможность его использования в зависимости от его возраста и качества воды;
- необходимо оценить возможность перекрытия вентиля в зависимости от его качества и численности населения, которое временно будет отключено от подачи воды. Если вентилей несколько, то возникает необходимость выбрать более надежный вентиль, перекрывающий подачу воды с меньшей численностью населения.

Для достижения поставленных целей была разработана система на основе теории нечетких множеств, а именно на нечеткой логике. Для построения системы применялось программное обеспечение MATLAB, а именно пакеты Fuzzy Logic ToolBox и SIMULINK. В настоящей работе приведены общие принципы и положения теории нечетких множеств и нечеткой логики, а также приведено краткое описание работы в среде программирования MATLAB, в частности рассмотрены пакеты SIMULNK и Fuzzy Logic ToolBox.

Основываясь на экспертных данных, была построена двухуровневая модель для диагностики качества вентилей в городских инженерных коммуникациях. Так как принципы построения моделей в городском хозяйстве отчасти схожи с газо- и теплопроводами, то считается возможным внедрение подобных систем на микроконтроллерах, основанных на принципах нечеткой логики, в данные отрасли промышленности, так как они позволяют своевременно и оперативно, не требуя дорогих вскрышных работ, а также сокращая издержки, требуемые на анализ, диагностировать и прогнозировать возможность аварии.

Литература

1. Дьяконов В., Круглов В. Математические пакеты расширения MATLAB. – СПб: Питер, 2001. – 480 с.

2. Демидова Л.А., Кираковский В.В., Пылькин А.Н. Алгоритмы и системы нечеткого вывода при решении задач диагностики городских инженерных коммуникаций в среде MATLAB. – М.: Радио и связь, Горячая Линия – Телеком, 2005. – 368 с.
3. Змитрович А.И. Интеллектуальные информационные системы. – М.: Тетрасистемс, 1997. – 368 с.
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.vestikavkaza.ru/articles/Fuzzy-Logic-Lyutfi-Zade.html, своб.
5. Пивкин В.Я., Бакулин Е.П., Кореньков Д.И. Нечеткие множества в системах управления / Под ред. Ю.Н. Золотухина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.refstar.ru/data/r/id.9879_1.html, своб.
6. Мусалимов В.М., Киреева А.А., Акульшин Ю.Д., Козлов В.П. Экспериментально-аналитическое моделирование FUZZY-контроллеров технологических процессов МЭМС // Труды шестой сессии международной научной школы «Фундаментальные и прикладные проблемы теории точности процессов, машин, приборов и систем». – 2003. – Ч. 2. – С. 14–22.
7. Жмак Е.И. Регулирование напряжения в электроэнергетических сетях на основе нечеткой логики: диссерт. канд. тех. наук. – Новоссибирск: НГТУ, 2004. – 120 с.
8. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. – Винница: Континент-Прим. – 2003. – 198 с.
9. Поршнев С.В. Исследование в MATLAB особенностей вынужденных колебаний цепочки связанных гармонических осцилляторов // Труды Второй Всероссийской научной конференции «Проектирование инженерных и научных приложений в среде MATLAB». – 2004. – С. 665–681.
10. Kernighan B.W. and Ritchie D.M. The C Programming Language. – Second Edition. – Prentice-Hall, Inc., 1988.
11. ANSI specification X3.159-1989: «Programming Language C», ANSI, 1430 Broadway, New York, NY 10018.
12. Mamdani E.H. Applications of fuzzy algorithms for simple dynamic plant // Porc. IEE. – 1974. – V. 121. – № 12. – P. 1585–1588.
13. Smidth F.L. Computing with a human face // New Scientist. – 1982.
14. Yagashita O., Itoh O., and Sugeno M. Application of fuzzy reasoning to the water purification process, in Industrial Applications of Fuzzy Control // Sugeno M. – Ed. Amsterdam: North-Holand. – 1985. – P. 19–40.
15. Fuzzy Control Systems Design and Analysis: A Linear Matrix Inequality Approach. Kazuo Tanaka, Hua O. Wang. – 2001.

Зеленов Максим Николаевич
Год рождения: 1988
Инженерно-физический факультет, кафедра твердотельной оптоэлектроники, группа № 6247
Направление подготовки: 223200 – Оптоэлектронные системы безопасности
e-mail: Doncaster@rambler.ru

УДК 535.56+535.568.1/.2

МАГНИТООПТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ФАРАДЕЯ В МАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЯХ

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

В работе приводятся результаты физического эксперимента, в ходе которого были получены значения постоянной Верде для жидких сред, которые содержат в себе соединения металлов, исследовано влияние магнитной жидкости МЖ-131, угол поворота плоскости поляризации линейно-поляризованного света. Данные были получены впервые. Обзор современных публикаций по теме исследования подтверждает практический интерес к свойствам магнитных жидкостей и, вместе с тем, ограниченное количество фактических данных по магнитооптическим свойствам этих сред. Это объясняется тем, что основное применение магнитных жидкостей не связано с их оптическими свойствами. Одной из трудностей является получение раствора МЖ с наименьшим коэффициентом поглощения оптического излучения. Предлагаемый в работе подход позволяет точно определить значения постоянной Верде для жидких сред, так как используется электромагнитное поле с высоким значением и балансный фотодетектор, позволяющий измерять точность угла поворота плоскости поляризации в долях секунд.

Целью работы стало изучение магнитооптического эффекта Фарадея в жидких средах, в том числе, в магнитных жидкостях. Основными задачами работы являются анализ современного состояния проблемы магнитометрии жидких сред, создание оптико-электронного стенда для измерения постоянной Верде в жидких средах, получение и анализ новых экспериментальных данных по магнитооптическим свойствам магнитных жидкостей. В ходе проведенных экспериментов были получены изменения угла поворота плоскости поляризации при включении электромагнитное поля для различных видов жидкостей («Раствор гидроксида железа», «Раствор соли кобальта», «Водный раствор глюкозы (сахара), конц. 0,3 г/мл») и неодимового стекла марки ГСС-3. Для изучения влияние магнитной жидкости МЖ-131 на угол поворота плоскости поляризации был приготовлен раствор данного образца в бензине, концентрацией 0,01%. Зафиксирован угол поворота плоскости поляризации бензина без МЖ-131 и раствора бензина с МЖ-131.

Для исследования эффекта Фарадея в жидких средах был собран и отъюстирован стенд (рисунок).

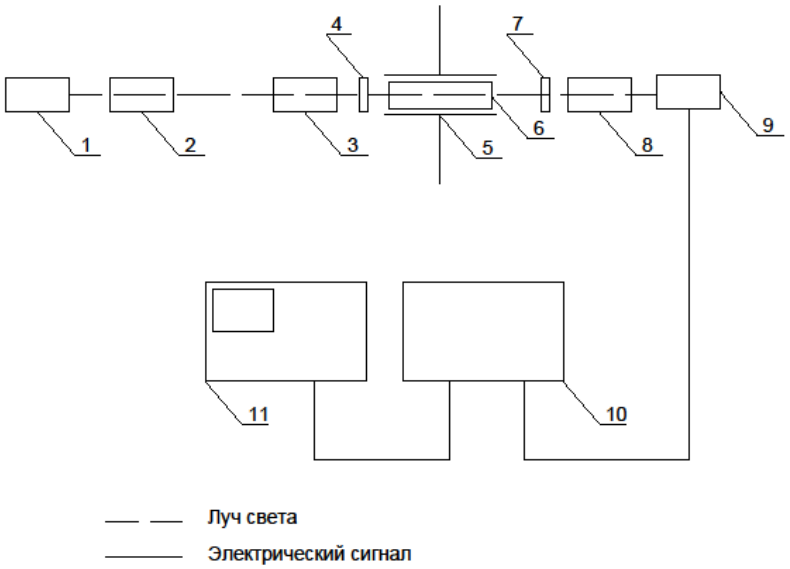


Рисунок. Схема экспериментальной установки: 1 – источник излучения – He-Ne-лазер с длиной волны 632,8 нм, расположенной в красной части видимого спектра, и линейно-поляризованным светом; 2 – механический модулятор (обтюратор); 3 – линейный поляризатор; 4 – диафрагма; 5 – электромагнит; 6 – исследуемый материал; 7 – диафрагма; 8 – анализатор с шагом 0,5º; 9 – балансный фотодетектор; 10 – селективный усилитель У2-8; 11 – осциллограф

Обобщая результаты работы, отметим следующее.

- Разработан и изготовлен оптико-электронный стенд для прецизионных измерений величины постоянной Верде в жидких средах.
- Проведенные измерения показали, что угол поворота плоскости поляризации зависит от состава исследуемого вещества.
- Впервые измерены постоянные Верде растворов «$Co(NO_3)_2$», «$Fe(OH)_3$» и магнитной жидкости МЖ-131 в смеси с бензином.
- Жидкости «$Co(NO_3)_2$» и «$Fe(OH)_3$» представляют собой раствор в воде, постоянная Верде, которой известна. Как показали исследования, данные элементы влияют на постоянную Верде, ее значение меньше чем у воды, что может быть применено в тех случаях, когда необходимо добиться наименьшего влияния магнитного поля на плоскость поляризации. Самое большое влияние на угол поворота оказал раствор сахара в воде, постоянная Верде изменилась в 1,5 раза.
- Раствор МЖ-131 в бензине оказывает противоположное влияние, угол поворота плоскости поляризации увеличился, в данном эксперименте примерно в 1,2 раза.

Впервые установлен эффект изменения индикатрисы рассеяния в растворе магнитной жидкости МЖ-131 в зависимости от величины магнитного поля.

Литература

1. Байбуртский Ф.С. Магнитные жидкости: способы получения и области применения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://magneticliquid.narod.ru/autority/008.htm, своб.
2. Рекало С.В. Явление самодефокусировки лазерного излучения в магнитной жидкости [Электронный ресурс]. – Режим доступа: lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2012/1874/ 41774_65af.doc, своб.

3. Александров Е.Б., Запасский В.С. Миллисекундная чувствительность поляриметрических измерений // Оптика и спектроскопия. – 1976. – Т. 41(5). – С. 855–858.
4. Белотелов В. Как управлять светом с помощью магнитного поля // Квант. – 2010. – № 1. – С. 12–17.
5. Магнитная жидкость [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://nauka.relis.ru/34/0211/34211036.htm, своб.
6. Берковский Б.М., Медведев В.Ф., Крипов Н.С. Магнитные жидкости. – М.: Химия, 1989. – 240 с.
7. Бибик Е.Е. Приготовление феррожидкостей // Коллоидный журнал. – 1973. – Т. 35. – № 6. – С. 1141.
8. Tamura H., Tozuka H., Nakaya H., Kamada O. Оптический датчик на основе кольцевого интерферометра для исследования магнитных полей // Magn. Soc. Jap. – 2010. – Т. 34. – № 4. – С. 537–542.
9. Taketomi S., Ozaki Y., Kawasaki K., Yuasa S. Transparent magnetic fluid: preparation of YIG ultrafine particles // J. of Magnetism and Magnetic Materials. – 1993. – № 122. – С. 6–9.
10. Бугнина Г.А. Измерение напряженности магнитного поля на оси соленойда. Методические указания к работе. – Петрозаводск: ПетрГУ, 1998. – 18 с.
11. Бабичев А.П., Бабушкина Н.А., Братковский А.М. Физические величины. Справочное издание. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.

Зюзин Алексей Андреевич
Год рождения: 1990
Факультет точной механики и технологий, кафедра мехатроники, группа № 6672
Направление подготовки: 221000 – Системное моделирование в мехатронике
e-mail: AlexeyZyuzin@gmail.com

УДК 681.5.015

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ С ВЕРТИКАЛЬНЫМ ВЗЛЕТОМ И ИЗМЕНЯЕМЫМ ВЕКТОРОМ ТЯГИ

А.А. Зюзин
Научный руководитель – к.т.н., доцент С.С. Резников

Вопрос о способах передвижения человека всегда был актуален. С появлением автомобилей началась новая эра в транспорте. На протяжении всего прошлого века и по наши дни, их усовершенствуют и улучшают, используя самые передовые технологии. Автомобиль стал неотъемлемой частью нашей жизни. Но есть существенное «но». Современная ситуация, сложившаяся на дорогах по всему миру, показывает, что в час пик добраться в нужное место на машине довольно затруднительно, и люди проводят достаточно много времени в создавшихся пробках. Эту проблему решают в виде увеличения количества дорог и более гибкого регулирования дорожного движения. Одним из подходящих решений, на взгляд автора, является создание и освоение воздушного транспорта, адаптированного для городской

среды. Правда использование подобных средств в черте города на данный момент затруднительно, но все же дает огромные преимущества, так как мы можем передвигаться не только в плоскости, как автомобили, а по всем объему воздушного пространства и по наикратчайшему пути. В настоящей работе осуществляется разработка системы управления «конвертоплана», адаптированного по размерам для городской среды.

Цели работы:

- разработка алгоритмов управления вертикального взлета;
- разработка алгоритмов управления перехода в самолетный режим;
- моделирование системы управления летательного аппарата (ЛА) в MATLAB;
- создание экспериментальной модели для проверки алгоритмов управления на практике.

Существующие точки зрения и некоторые собственные мысли. На данный момент существуют успешные модели ЛА, запущенные в серийное производство, основанные на конструкции «конвертоплан», такие как «Bell V-22 Osprey» и «Bell/Augusta BA609». Основным преимуществом подобных ЛА является возможность вертикального взлета и перехода в самолетный режим, что позволяет не использовать аэродромы и передвигаться на большие расстояния. Вышеупомянутые модели рассчитаны на перевозку многих тонн груза и пассажиров (8 и больше). Как и у всех видов транспорта, здесь существуют свои плюсы и минусы. Отличительной чертой разрабатываемого ЛА является использование гибридной тяговой установки, основанной на бензиновом двигателе и электродвигателе.

В работе рассматривается система управления подобных ЛА, но в упрощенном варианте (без бензиновой установки), для отработки алгоритмов управления. А на последующих этапах уже будет создание прототипа, использующего гибридную установку.

Предполагаемые исследования:

- исследования различных режимов полетов (нахождение оптимальных вариантов по энергозатратам);
- исследование и поиск решения существующих проблем «конвертопланов»;
- исследование возможности использования гибридной установки.

Вывод. Разработка подобных видов транспорта является сложной задачей, но ведь когда-то и в автомобили не верили. Существует определенная потребность в новых видах транспорта, которые позволят нам передвигаться наикратчайшим путем и за минимально возможное количество времени. «Конвертоплан» для города является одним из возможных вариантов транспорта в ближайшем будущем. В итоге данной работы должен быть разработан алгоритм управления ЛА, а также собрана экспериментальная модель.

Литература

1. Радиоэлектронные системы автоматического управления. Компьютеризированный курс: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2009. – 432 с.
2. Gavrilets V. Autonomous Aerobatic Maneuvering of Miniature Helicopters, PhD Thesis, MIT, Boston. – 2003.
3. Padfield G.D. Helicopter Flight Dynamics: The Theory and Application of Flying Qualities and Simulation Modeling. – AIAA Education Series, 1996. – 514 p.
4. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления / Пер. с англ. Б.И. Копылова. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2002. – 832 с.

5. Лебедев А.А., Чернобровкин Л.С. Динамика полета беспилотных летательных аппаратов. – М.: Оборонгиз, 1962. – 548 с.

Иванов Алексей Андреевич
Год рождения: 1990
Факультет точной механики и технологии,
кафедра технологии приборостроения, группа № 6659
Направление подготовки: 200100 – Технологическая подготовка производства приборов и систем
e-mail: nunepridumalewo@gmail.com

УДК 629.33.054

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СТЕПЕНЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ШТАМПОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОАО «ТЕХПРИБОР»

А.А. Иванов
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Валетов

В настоящее время условия штамповочного производства данного завода устарели. **Целью работы** было решить проблемы по грядущей модернизации, которая должна пройти максимально грамотно, экономично и без ущерба для выпуска деталей и изделий.

В работе проанализировано и выбрано программное обеспечение, необходимое для работоспособности участка с ЧПУ. Были рассмотрены пять CAD/CAM систем: Cadman, Техтран, NC Express, CncKad, ГеММа-3D.

Выбор сделан в пользу «Техтран. Листовая обработка».

В октябре 2012 года на заводе ОАО «Техприбор», в отделе главного технолога, были установлены три рабочих места. Проведено обучение, программное обеспечение испытано в производстве на нескольких деталях (рис. 1).

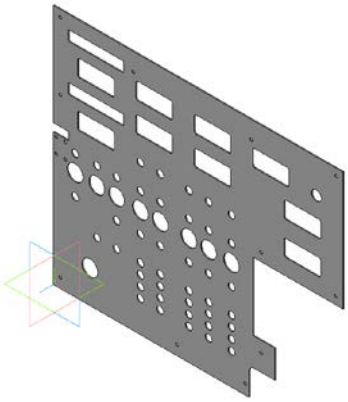


Рис. 1. 3D-модель отработанной детали

Далее был исследован и внедрен электронный документооборот. Программисты отдела автоматизированных систем управления предприятием (АСУП) разработали модуль «Согласование» и подключили к нему большинство подразделений производства.

Опыт и знания инженеров службы главного технолога (СГТ) позволили скорректировать электронный маршрут и саму логику движения техпроцессов (ТП) (рис. 2).

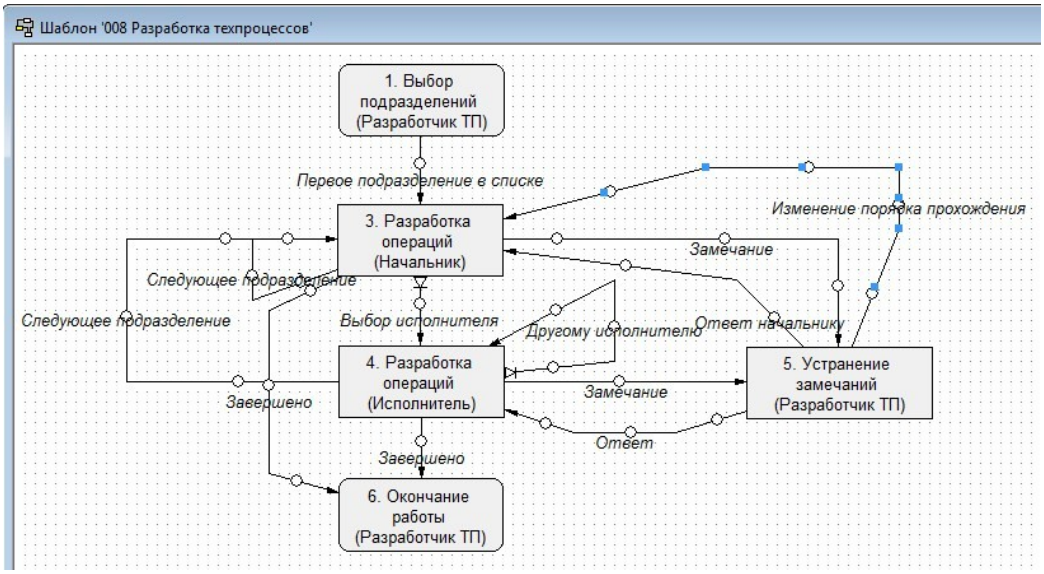


Рис. 2. Шаблон разработки техпроцессов

Использование электронного документооборота позволило получить: существенную экономию бумаги; развитую систему отчетности; контроль над техпроцессом в каждый момент времени его жизни, и, как следствие, ощутимый выигрыш по времени – вместо полугода утверждение занимает полторы-две недели.

Затем при взаимодействии отдела АСУП, СГТ и техбюро (ТБ) цехов велось исследование возможностей в контроле программ для станков с ЧПУ. За основу взят стандарт предприятия СТП 632.17.008.

Были назначены ответственные за внесение изменений, использование и хранение управляющих программ в базе. Подлинником и эталоном считается последняя помещенная в архив версия файла. Запись осуществляется технологом цеха или программистом СГТ при наличии утвержденного ТП на деталь и акта внедрения, который составляют после разработки новой программы и получения положительных результатов при обработке партии заготовок.

Вся история обработки отражается в дереве. Считывание эталона поможет предотвратить использование неактуальной программы.

Однако в архиве управляющих программ есть и нерешенные проблемы.

В работе проанализированы и предложены решения по улучшению технического оснащения цеха. В частности, рассчитаны номинальное усилие и мощность требуемого координатно-пробивного пресса. Для расчета были взяты типовые детали производства и разработаны чертежи. Для таких деталей хватит 3–4 т усилия и того меньшей мощности. Для обеспечения запаса требования возрастают до 16 т и 3 кВт соответственно (таблица).

Таблица. Расчет показателей усилия пробивки и работы резания

Сталь 0,8кп ГОСТ16523-97	36	-	1,5	10	40	23,22	3483,000	0,06	0,10	4736,880
Д16АТ ГОСТ 21631-76	41,5	-	1	18	35	26,32	2790,223	0,04	0,1	3738,899
Д16АТ ГОСТ 21631-76 H=2S (г.)	41,5	-	1	18	35	26,32	837,067	0,04	0,1	1121,670
АМг6М ГОСТ 21631-76	32	-	1,5	9	9	25,60	1382,4	0,08	0,1	1907,712
АМг6М ГОСТ 21631-76	32	1	1	-	-	57,60	180,864	0,08	0,1	249,592
Б2-М-Н ГОСТ 1789-70	150	3	0,2	-	-	102,00	192,168	0,02	0,1	253,662
АМцН2 ГОСТ 21631-76	15	9	2	-	-	13,00	734,760	0,08	0,1	1013,969
АМцН2 ГОСТ 21631-76 (H=2S) (г.)	15	9	2	-	-	13,00	220,428	0,08	0,1	304,19064
АМцН2 ГОСТ 21631-76 (H=2S) (с двусторонним скосом)	15	9	2	-	-	13,00	484,9416	0,08	0,1	669,21941
АМцН2 ГОСТ 21631-76	15	50	4	-	-	10,44	6556,32	0,08	0,1	9047,7216
Сталь 0,8кп ГОСТ16523-97	36	50	3	-	-	24,19	11394,432	0,08	0,1	15724,316

Металл	d	S	a	b	P	x	x1	A
Сталь 20	4,5	2	-	-	1829,439	0,53	-	1,939
БрОФ 6,5-1,5	2	0,2	-	-	62,073	0,7	-	0,009
Сталь 0,8кп ГОСТ16523-97	-	1,5	10	40	4736,880	0,4	-	2,842
Д16АТ ГОСТ 21631-76	-	1	18	35	3738,899	0,75	-	2,804
Д16АТ ГОСТ 21631-76 H=2S (г.)	-	1	18	35	1121,670	-	0,75	2,524
АМг6М ГОСТ 21631-76	-	1,5	9	9	1907,712	0,68	-	1,946
АМг6М ГОСТ 21631-76	1	1	-	-	249,592	0,7	-	0,175
Б2-М-Н ГОСТ 1789-70	3	0,2	-	-	253,662	0,7	-	0,036
АМцН2 ГОСТ 21631-76	9	2	-	-	1013,969	0,65	-	1,318
АМцН2 ГОСТ 21631-76 (H=2S) (г.)	9	2	-	-	304,19064	-	0,75	1,369
АМцН2 ГОСТ 21631-76 (H=2S) (с двусторонним скосом)	9	2	-	-	669,21941	-	0,75	3,011
АМцН2 ГОСТ 21631-76	50	4	-	-	9047,7216	0,55	-	19,905
Сталь 0,8кп ГОСТ16523-97	50	3	-	-	15724,316	0,45	-	21,228

В рамках работы утвержден пресс фирмы Prima Power E5x.

В работе предложены пути повышения производительности, разработан вариант гибкой автоматизированной линии для штамповки.

Создание гибкой автоматизированной линии позволит на порядок увеличить производительность и вызовет важные социальные изменения в производстве. Необходимо закупить дополнительное оборудование. Рассматриваемая система оценивается в 2–3 млн. евро. На данный момент образование такого производства на штамповочном участке невозможно. Этому препятствуют: малое количество выпускаемых деталей в единицу времени (год) и низкая квалификация рабочих, ИТР.

По результатам данной работы было сформулированы несколько выводов.

1. Электронный документооборот и архив управляющих программ нуждаются в дальнейшем развитии и внедрении на ОАО «Техприбор».

2. Применение данных разработок ведет к увеличению степени автоматизации и уровня культуры производства.

Литература

1. Беляков М.С. Инструкция по ведению архива управляющих программ в системе Lotsia PDM Plus. – СПб: ОАО «Техприбор», 2013. – 14 с.
2. «Вебер Комеханикс». Каталог оборудования и технологий обработки листового металла. – М.: Вебер Комеханикс, 2013. – 144 с.
3. Зарубин В.М., Капустин Н.М. Автоматизированная система проектирования технологических процессов механосборочного производства. – М.: Машиностроение, 1979. – 247 с.
4. Малов А.Н. Технология холодной штамповки. – М.: Машиностроение, 1969. – 568 с.
5. НИП-Информатика. – Техтран. Версия 6. Раскрой листового материала (фигурный) / Учебное пособие. – СПб: НИП-Информатика, 2011. – 66 с.
6. Рудман Л.И., Зайчук А.И., Марченко В.Л. и др. Справочник по оборудованию для листовой штамповки. / Под общ. ред. Рудмана Л.И. – К.: Тэхника, 1989. – 231 с.
7. Тарасова И.Т. и др. Учебное пособие по CAD/CAM-системе CIMATRON 10. – Казань, 2000. – 252 с.
8. Шишмарев В.Ю. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебник для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Академия, 2007. – 368 с.
9. Яблочников Е.И. Автоматизация технологической подготовки производства в приборостроении. Учебное пособие. – СПб: СПбГИТМО (ТУ), 2002. – 92 с.

Иванов Евгений Юрьевич
Год рождения: 1989
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6113
Направление подготовки: 230100 – Проектирование встроенных вычислительных систем
e-mail: i@eivanov.com

УДК 004.451

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ФАЙЛОВЫХ СИСТЕМ, РАБОТАЮЩИХ В ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОМ РЕЖИМЕ

Е.Ю. Иванов
Научный руководитель – к.т.н., доцент Б.Д. Тимченко

Работа выполнена в рамках студенческого проекта в программе «Лето программирования Google 2011 (Google Summer of Code’11)» в исследовательской группе по MINIX 3 свободного университета Амстердама (VU University Amsterdam).

Несмотря на достижения современных исследований в области надежности операционных систем (ОС) и верификации программного обеспечения, отказы ОС, вызванные аппаратными и программными ошибками, по-прежнему приводят к снижению доступности прикладных сервисов. Согласно [1] до 85% ошибок находится в коде драйверов устройств и файловых систем, причем в случае монолитных ядер ОС

любая из них потенциально может привести к краху всей системы. Считается, что переход к модульным микроядерным ОС, в которых основной функционал реализован в виде системных процессов, работающих в непривилегированном пользовательском режиме, позволяет решить данную проблему [2].

В микроядерных ОС драйверы устройств и файловые системы (ФС) функционируют в виде отдельных процессов пользовательского режима, что, по некоторым оценками, приводит к потере производительности микроядерных ОС до 20% по сравнению с монолитными ОС [3]. Подобные исследования проводились либо для оценки интегральной производительности микроядерных ОС, либо для оценки производительности драйверов устройств, работающих в пользовательском режиме.

Основной **целью работы** было исследование производительности файловых систем, работающих в пользовательском режиме, с целью анализа возможности их использования в промышленных системах, что является актуальным в связи с существующей поддержкой таких ФС в большинстве UNIX-подобных ОС.

С целью поиска компонентов ОС и ФС, оказывающих наибольшее влияние на производительность ФС, в работе выполнен анализ структурно-функциональной организации стека ввода-вывода в монолитных и микроядерных ОС. Как показано на рисунке, при обращении к файлу пользовательский процесс выполняет системный вызов, передавая ОС дескриптор файла fd (file descriptor). Для монолитных ОС система переводится в режим ядра, а управление передается высокоуровневой файловой системе (ВФС), которая по fd находит объект vnode (virtual node), содержащий высокоуровневое описание файла. Среди прочего, vnode предоставляет указатель на структуру данных ФС istruct (inode struct), описывающую сам файловый объект. ВФС использует этот указатель на istruct при вызове соответствующего обработчика запроса ФС. Таким образом, ВФС идентифицирует запрашиваемый файловый объект посредством прямого доступа к istruct. Данное описание применимо к Linux и к большинству других UNIX-подобных ОС.

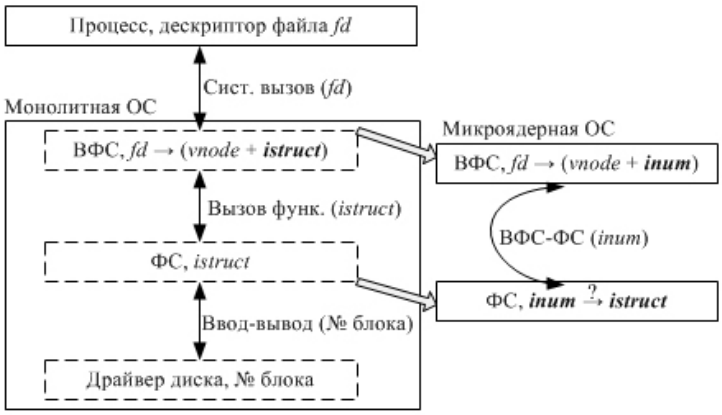


Рисунок. Структурно-функциональная организация стека ввода-вывода монолитных и микроядерных ОС

В микроядерных ОС ВФС и ФС представляют собой отдельные независимые процессы, работающие в пользовательском режиме. Для их взаимодействия используются средства ядра ОС, что может влиять на производительность ФС. Так же, как и в монолитной системе, ВФС использует fd для поиска соответствующего vnode. Затем, согласно протоколу взаимодействия ВФС и ФС, ВФС осуществляет запрос к ФС, используя некоторый идентификатор файла id. Использование в качестве id непосредственно адреса istruct является нежелательным, так как в этом случае нарушается принцип изоляции, и ФС не сможет перемещать istruct в памяти между вызовами со стороны ВФС. Тем не менее, некоторые протоколы взаимодействия ВФС

и ФС, например, протокол PUFFS, реализованный для ОС NetBSD, в целях повышения производительности позволяют ВФС хранить и передавать адреса структур данных istruct, поддерживаемых ФС.

Другие протоколы, такие как протокол взаимодействия ВФС и ФС в ОС MINIX 3, в качестве id используют числовой идентификатор inum, получаемый от ФС при создании или открытии файла. Использование идентификатора inum, отличного от адреса istruct, приводит к необходимости хранения в ФС таблицы соответствий inum адресам istruct и осуществлению поиска по ней при идентификации файлового объекта. Так как эта операция используется при каждом обращении к ФС, ее неэффективная реализация может сказаться на производительности файловой системы. Стоит отметить, что данная проблема отличается от поиска vnode по значению файлового дескриптора fd в ВФС. В последнем случае количество хранимых fd, среди которых осуществляется поиск, соответствует числу файлов, открытых одним вызывающим процессом, т.е. относительно невелико. По этой причине операция поиска vnode по fd практически не оказывает влияния на время обслуживания запроса в ВФС. Поиск же адреса istruct по inum осуществляется среди всех идентификаторов файлов, открытых всеми процессами. Кроме того, ФС обычно кэширует сами структуры istruct на случай повторного обращения к недавно закрытым файлам, что приводит к дополнительному увеличению пространства поиска и, как следствие, времени выполнения запроса.

Для целей детального изучения стека ввода-вывода для микроядерной ОС MINIX 3 автором была разработана файловая система ext2 и добавлена поддержка FUSE, позволяющая использовать в MINIX 3 ФС fuse-ntfs-3g без дополнительных модификаций. С их помощью было показано, что протоколы взаимодействия ВФС и ФС, использующие числовой идентификатор inum для поиска файловой структуры istruct, описывающей запрашиваемый файловый объект, привносят значительные накладные расходы. А именно, время идентификации файлового объекта увеличивается до 26 раз по сравнению с монолитными системами, что особенно заметно при рассмотрении работы ФС без учета дисковых операций, например, при доступе к блокам файла, находящимся в кэше ФС.

В качестве возможного пути решения этой проблемы в работе рассмотрен подход, реализованный в протоколе PUFFS взаимодействия ВФС и ФС для ОС NetBSD, позволяющий ВФС хранить адреса структур данных, поддерживаемых ФС, в частности адреса istruct. К сожалению, данный подход нарушает принцип изоляции компонентов микроядерных ОС и ведет к существенной зависимости функционирования ВФС от работы ФС, тем самым понижая надежность ОС.

В этой связи предложен альтернативный путь увеличения производительности рассматриваемой части стека ввода-вывода, позволяющий сохранить изоляцию ВФС от ФС и основанный на применении хеш-таблиц в ФС для поиска адресов istruct по inum. Результаты измерений времени идентификации файлового объекта при использовании различных методов хеширования показали допустимость применения простой в вычислительном плане модульной хеш-функции при размере хеш-таблицы, являющейся степенью двойки. Было установлено, что для рассматриваемого случая работы с файлами разрешение коллизий при помощи цепочек работает быстрее, чем метод открытой адресации. Показано, что использование указанных методов хеширования позволяет достичь сопоставимых, а при увеличении размера хеш-таблицы практически идентичных значений времени идентификации файловых объектов для микроядерных ОС в сравнении с монолитными системами. Это позволяет сделать вывод о нецелесообразности применения подхода, реализованного в протоколе PUFFS.

Анализ работы всего стека ввода-вывода микроядерной операционной системы MINIX 3 с учетом дисковых операций показал, что при ограничении максимального

числа хранимых структур istruct значениями до 1024, добавление хеш-таблиц не привносит заметного увеличения производительности. Это связано с тем, что медленные дисковые операции значительно более сильно влияют на производительность стека ввода-вывода, чем вычислительные операции внутри ФС. Однако с ростом числа хранимых в памяти istruct, вызванным как увеличением максимального числа открытых файлов, так и кэшированием самих структур istruct на случай повторного обращения к недавно закрытым файлам, использование хеш-таблицы становится необходимым.

Как показал анализ структурно-функциональной организации стека ввода-вывода в микроядерных ОС, другой возможной причиной ухудшения производительности ФС является необходимость организации взаимодействия между процессами ФС и ВФС. Согласно результатам проведенных экспериментов, время переключения контекста процессов в некоторых случаях может быть сопоставимо со временем выполнения операций дискового ввода-вывода. Однако эксперименты, учитывающие производительность всего стека ввода-вывода, показали, что для большинства файловых нагрузок эти дополнительные накладные расходы не могут влиять на производительность файловой системы, работающей в пользовательском режиме. Кроме того, полученные результаты свидетельствуют о том, что величина CRPD (Cache-Related Preemption Delay) в случае файловых нагрузок пренебрежимо мала.

Обобщая результаты работы, отметим следующее.

- Впервые реализована поддержка FUSE для микроядерной ОС (включена в состав MINIX 3, начиная с версии 3.2.0).
- Показано, что накладные расходы, связанные с переключением контекстов, в том числе величина CRPD, для большинства файловых нагрузок пренебрежимо малы.
- На примере ФС fuse-ntfs-3g и ext2 показано, что время поиска файлового объекта может значительно влиять на производительность ФС.
- Установлено, что хранение дополнительной информации о ФС в ВФС, как в протоколе PUFFS, с целью повышения производительности нецелесообразно.
- Использование выбранных в работе методов хеширования позволяет достичь практически идентичных значений времени поиска файловых объектов для микроядерных ОС в сравнении с монолитными системами при любых размерах таблицы файловых объектов ФС.

Это позволяет сделать вывод о возможности использования ФС, работающих в пользовательском режиме, в большинстве промышленных систем без угрозы потери производительности стека ввода-вывода.

Литература

1. Chou A., Yang J., Chelf B. et al. An empirical study of operating systems errors // SIGOPS Oper. Syst. Rev. – 2001. – V. 35. – № 5. – P. 73–88.
2. Herder J.N., Bos H., Gras B. et al. Construction of a Highly Dependable Operating System // Proceedings of the Sixth European Dependable Computing Conference. EDCC'06. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society. – 2006. – P. 3–12.
3. Leslie B., Chubb P., Fitzroy-dale N. et al. User-level Device Drivers: Achieved Performance // J. of Computer Science and Technology. – 2005. – V. 20. – P. 654–664.

Иванов Сергей Александрович
Год рождения: 1990
Факультет фотоники и оптоинформатики,
кафедра оптоинформационных технологий и материалов,
группа № 6351
Направление подготовки: 200700 – Наноматериалы и нанотехнологии фотоники и оптоинформатики
e-mail: ykkapoh@gmail.com

УДК 535.421

ГОЛОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТКИ НА ОСНОВЕ ФОТО-ТЕРМО-РЕФРАКТИВНОГО СТЕКЛА ДЛЯ ЛАЗЕРНЫХ ПРИЦЕЛОВ

С.А. Иванов
Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Н.В. Никоноров

В работе представлены результаты по изготовлению голограммного оптического элемента (ГОЭ) на объемной регистрирующей среде – фото-термо-рефрактивном стекле. Функция данного ГОЭ заключается в создании проекции прицельного знака, в плоскости цели, вынесенной на заданное расстояние.

В настоящее время для регистрации голограммы изображения прицельного знака в коллиматорных прицелах стекла не используются. А применяемые среды обладают рядом недостатков, которые влекут за собой дополнительные трудности в реализации записи и считывания подобных голограмм. Основным недостатком, существенно усложняющим всю схему голографического коллиматорного прицела, является слабо выраженная спектральная селективность получаемых голограмм. Так как лазерный диод, используемый в качестве источника восстанавливающего излучения с течением времени нагревается, это ведет к дрейфу длины волны считывающего излучения. А в силу малой спектральной селективности используемых голограмм, рефракция излучения на ней описывается, так же, как и дифракция на плоской решетке. Это приводит к тому, что при смене длины волны происходит смещение положения прицельной метки в плоскости цели. Для того чтобы нивелировать данный эффект приходится вводить в оптическую схему прицела компенсаторы дисперсии, которые увеличивают вес и стоимость прибора в целом и усложняют его производство. Вторым недостатком используемых на данный момент сред, является их высокая чувствительность к влаге и механическим воздействиям. Данный недостаток вынуждает производителей добавлять элементы защиты голограммы от нежелательного воздействия. Фото-термо-рефрактивное стекло позволяет получать высокоселективные голограммы и является устойчивым к механическим, химическим и оптическим воздействиям. Данные преимущества позволяют существенно упростить схему коллиматорного прицела, что уменьшит его вес и стоимость.

Цель работы – получение голограмм прицельного знака, вынесенного на заданную дистанцию на фото-термо-рефрактивном стекле. Получение данных элементов позволит заменить используемую в голографических коллиматорных прицелах среду на фото-термо-рефрактивное стекло.

В ходе работы было продемонстрировано преимущество голограмм на фото-термо-рефрактивном стекле по сравнению с используемыми средами. Были проведены расчеты спектральной селективности голограмм на фото-термо-рефрактивном стекле с учетом различных длин волн считывающего излучения, эффективных толщинах голограмм и углов сведения пучков записывающего излучения. Исходя из полученных данных о спектральной селективности голограмм на фото-термо-рефрактивном стекле,

был произведен расчет предельных отклонений от расчетного угла рефракции при смещении длины волны считывающего излучения на максимально возможное значение. Далее, из анализа распространения центрального луча при восстановлении голограммы (рис. 1), были получены данные о смещении элемента прицельного знака относительно изначально заданного голограммой положения, вызванного смещением считывающей волны излучения.

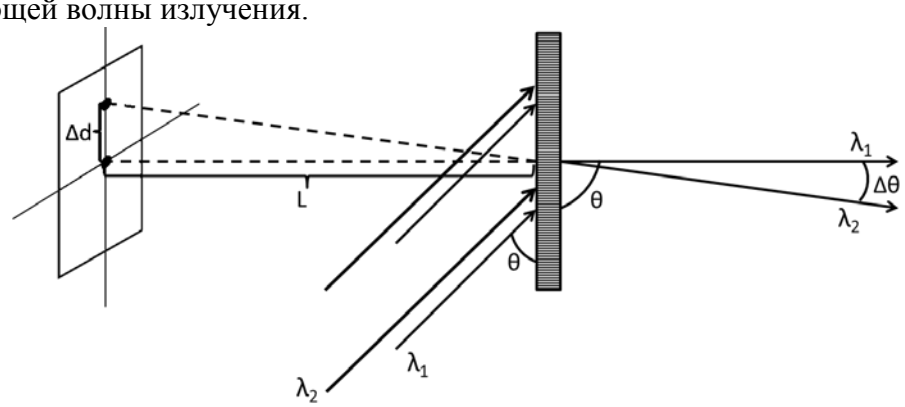


Рис. 1. Геометрия хода центрального луча при восстановлении голограммы излучением с разной длиной волны, при постоянном угле падения

С учетом всех выше описанных вычислений был выбран оптимальный угол сведения пучков и эффективная толщина голограммы для записи экспериментального образца. В ходе работы был произведен расчет и создание оптической схемы по записи мнимого изображения двумерного объекта, вынесенного на заданное расстояние. Так как данная задача для фото-термо-рефрактивного стекла решалась впервые, то первый образец представлял собой изобразительную голограмму прицельной метки, восстанавливающейся в плоскости стекла. Второй образец уже был изобразительной голограммой мнимого изображения метки, расположенной на расстоянии 1 м от стекла. Третий образец был записан так, что бы дистанция выноса мнимого изображения составляла 25 м. Так как для тестирования полученных ГОЭ необходимо в плоскости цели располагать перекрестие, то для тестирования был выбран образец с дистанцией выноса в 1 м (рис. 2).

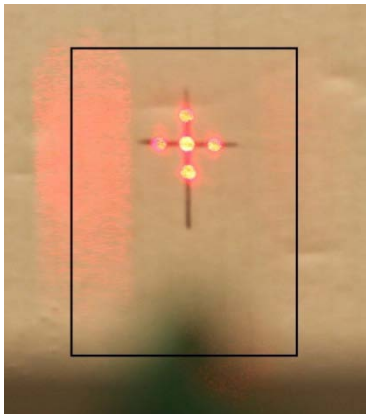


Рис. 2. Фотография голографической метки, дистанция выноса 1 м (контуром выделена плоскость стекла, находящаяся вне фокуса объектива)

Суть эксперимента заключалась в проверке поведения изображения прицельного знака при перемещении наблюдателя вокруг оси визирования. Как было подтверждено экспериментально, для полученных голограмм наблюдается необходимый для ГОЭ эффект. Прежде всего, это возможность наблюдения прицельного знака двумя глазами. Второй эффект – это сохранение положения метки на цели при смещении наблюдателя вокруг оси визирования. При смещении наблюдателя вокруг оси визирования

происходит перемещение изображения метки по плоскости стекла, при смещении наблюдателя в крайнее положение наблюдается частичное исчезновение метки, а при выходе за крайнее положение метка исчезает совсем.

В результате работы были получены опытные образцы с различной дистанцией выноса прицельного знака. Было продемонстрировано, что полученные опытные образцы обладают всеми наблюдаемыми эффектами, характерными для голограмм меток в существующих прицелах. Из расчетов было установлено, что при высокой спектральной селективности дрейф длины волны считывающего излучения не является проблемой для данных голограмм. Расчеты показали, что максимально возможное угловое смещение прицельного знака в таких голограммах существенно меньше разрешающей способности человеческого глаза, и на дистанции в 100 м сдвиг элемента метки не превышает 1 см. Использование стекла в качестве регистрирующей среды позволяет убрать из схемы защитные элементы, тем самым упрощая оптическую схему и снижая вес и стоимость прицела.

Литература

1. Upatnieks J., Tai A.M. Development of holographic sight // Proc SPIE. – 1997. – V. 2968. – P. 272–81.
2. Tai A., Sieczka E., Upatnieks J. Holographic gunsight – the next generation // Proc SPIE. – 2000. – V. 3951. – P. 84–93.
3. Upatnieks J. Compact holographic sight // Proc SPIE. – 1988. – V. 883. – P. 171–6.

Кузьмина Екатерина Сергеевна
Год рождения: 1990
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики,
группа № 6303
Направление подготовки: 200400 – Оптические приборы
e-mail: katrin_mei@mail.ru

УДК 535.317, 616-71

РАСЧЕТ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНЗ

Е.С. Кузьмина
Научный руководитель – к.т.н., доцент Д.Н. Черкасова

В работе были рассчитаны и исследованы офтальмологические линзы. Офтальмологические линзы – это контактные и бесконтактные оптические офтальмологические приборы двойного применения для диагностики и лазерного вмешательства на глазном яблоке.

Цель работы – выработать единый подход к оптическому расчету базовых моделей выбранного класса контактных и бесконтактных офтальмологических линз (ОЛ). При этом необходимо было решить следующие задачи:

1. выделить наиболее востребованный класс ОЛ, как объект оптического расчета и исследования;
2. разработать методику оптического расчета и доказать ее корректность.

Обзор публикаций показал, что наибольший практический интерес представляют ОЛ, работающие с глазным дном. Этот класс линз может быть встроен в прибор (фундус-камера) или работать в составных системах. В составных системах с ОЛ

используют налобные офтальмоскопы, микроскопы со щелевыми лампами и офтальмокоагуляторы на их основе.

Выбранный класс разделен на две группы. Вначале рассмотрены принципы композиции и исследованы офтальмоскопические объективы, встроенные в фундус-камеры. Основное требование – отсутствие бликов от поверхностей объектива, наложенных на изображение глазного дна. В качестве математической модели выбран соразмерный глаз пациента как безаберрационная система. Аметропия компенсирована за счет внутренней фокусировки прибора. Принцип Торнера соблюдается композицией осветительного канала или установкой осевых непрозрачных экранов. Анализ патентной информации показал, что композиция офтальмоскопических объективов может быть четырех видов: мениск, обращенный к глазу пациента; мениск, обращенный к апертурной диафрагме передающего канала с осевыми экранами; двояковыпуклая линза и композиция на их основе. Характерно применение асферических поверхностей. В рамках работы выполнен поверочный оптический расчет, с целью выделения оптимальной формы объектива по критерию угла поля. Оказалось, что асферический мениск позволяет выпускать фундус-камеры с углом поля до 40º, двояковыпуклая линза – до 45º, а композиция из асферического мениска и двояковыпуклой линзы – до 55º.

Вторая группа – это контактные и бесконтактные ОЛ, функционирующие в составных системах. В составных системах с налобным офтальмоскопом используют стандартизованные офтальмологические линзы +15, +20, +30 дптр. Подробнее исследованы составные системы, работающие по методу биомикроофтальмоскопии. Выделены базовые модели: бесконтактные высокодиоптрийные и три модификации контактных линз. Для них разработан общий алгоритм расчета. Расчет начинается с выбора модели глаза пациента, в качестве математической модели глаза выбран соразмерный безаберрационный глаз, так же, как у объективов. Аметропия реального глаза компенсирована подвижками оптической головки прибора на координатном столе. Медико-технические требования на микроскоп со щелевой лампой определяют композицию высокодиоптрийной линзы: передний фокус совпадает со зрачком глаза пациента, а в фокусе формируется перевернутое изображение глазного дна в обратном ходе лучей. Соблюден принцип Торнера. Освещение и лазерное вмешательство происходит через центральную зону, а наблюдение – через краевые зоны. Оптический расчет включает выбор оптимальной формы асферической поверхности и ориентирован на канал лазерного вмешательства. Габаритный расчет высокодиоптийных линз +60, +78, +90, +110, +132 дптр включает расчет углов поля и действующих диаметров зрачка в режиме диагностики. Приводимые фирмами технические данные подтверждают корректность выбранной методики. Произведено исследование каналов лазерного вмешательства и диагностики по критерию качества изображения.

Данная методика применима и к контактным ОЛ, но используя соразмерный «редуцированный глаз по Вербицкому». Чтобы унифицировать контактные ОЛ использован полигон биологической изменчивости глаза и для расчета создана модель, используя коэффициент пересчета с рефракцией +64 дптр. Правомерность данного подхода подтверждена на двух примерах.

При расчете однокомпонентных отрицательных ОЛ использован метод нейтрализации. Пример – линза Гольдмана, поэтому ее рефракция составляет –64 дптр. Согласование зрачков не требуется. Линза не увеличивает изображение глазного дна, а просто сдвигает к микроскопу, а зрачок глаза пациента определяет передний апертурный угол линзы Гольдмана. Габаритный расчет включает расчет толщины контактной линзы. Оптическая схема составной системы показана на рис. 1.

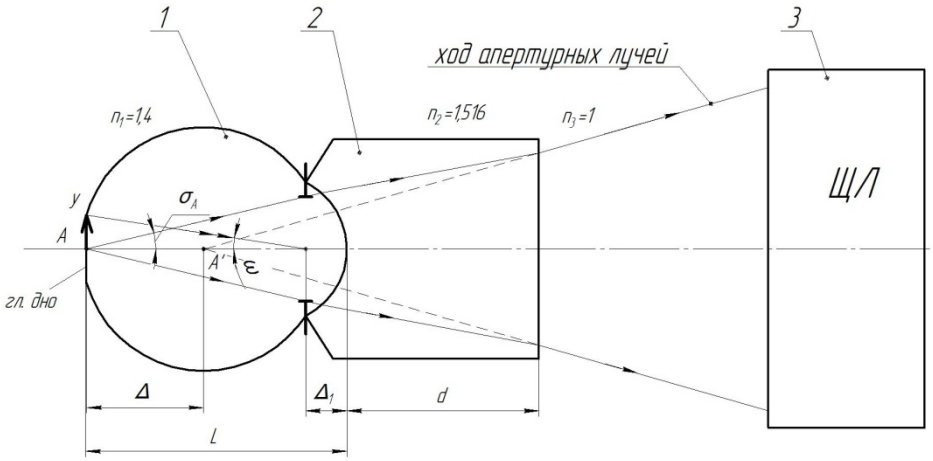


Рис. 1. Оптическая схема составной системы: 1 – глаз; 2 – линза Гольдмана; 3 – щелевая лампа

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{n_3}\left(\frac{n_2 - n_1}{r_1} + \frac{n_3 - n_2}{r_2}\right) - \frac{(n_2 - n_1)\cdot(n_3 - n_2)}{n_2 n_3 r_1 r_2} d\,,$$

где d = 21 мм, что удовлетворяет техническим тербованиям ($d \leq 40$ мм). Составная плоскопараллельная пластина «Оптическая система глаза – линза Гольдмана» приближает изображение глазного дна к роговице на величину $AA' = \Delta$. Оптический расчет выполнен в прикладной программе для проектирования ZEMAX по ходу апертурного луча (от сетчатки к микроскопу). Результат уточненное значение Δ=13,54 мм в сторону объектива. Оценены диаметры кружков рассеяния в передней фокальной плоскости объектива микроскопа.

Второй пример – это положительная двухкомпонентная офтальмологическая линза – панфундоскоп. Схема составной системы представлена на рис. 2.

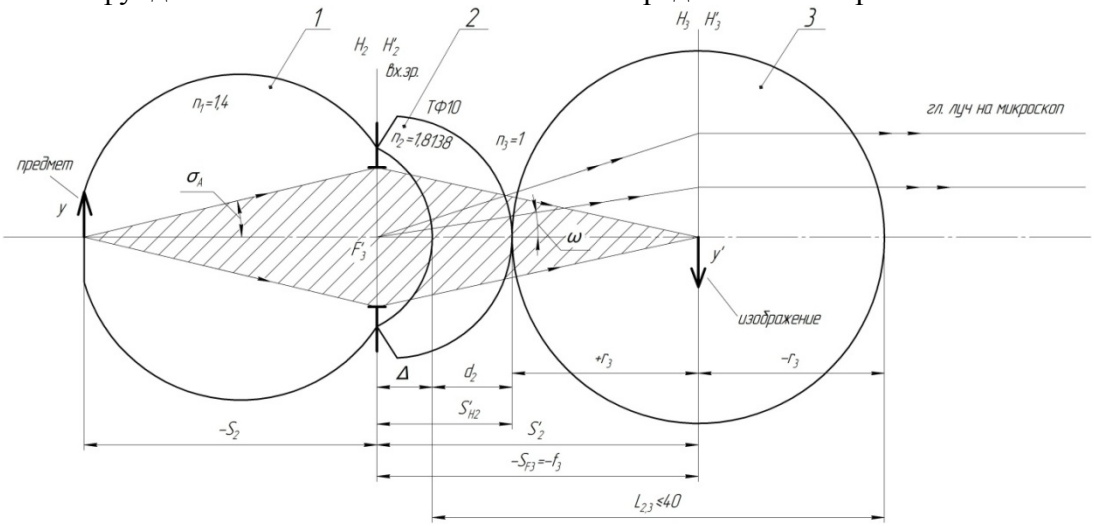


Рис. 2. Схема составной системы «глаз–панфундоскоп»: 1 – «редуцированный глаз» по Вербицкому; 2 – мениск; 3 – линза-шар

В ней контактная линза управляет расположением изображения глазного дна через линейное увеличение, это изображение находится в совмещенных главных плоскостях линзы–шар. Главные плоскости контактного компонента совмещены со зрачком глаза пациента и передним фокусом линзы–шар. Линза–шар работает как коллектив, она управляет положением зрачков. Габаритный расчет включал в себя расчет параксиальных параметров составной системы. В рамках оптического расчета оценены диаметры кружков рассеяния.

Заключение. Выбран класс офтальмологических линз двойного применения, работающих с глазным дном. На основе единого подхода предложен алгоритм и выполнен оптический расчет двух групп: офтальмоскопические объективы; высокодиоптрийные линзы, панфундоскоп и линза Гольдмана. Корректность выработанного подхода подтверждена анализом состояния рынка оптических офтальмологических приборов, включая офтальмологические линзы.

Литература

1. Черкасова Д.Н. Офтальмологическая оптика. Курс лекций. – СПб: СПбГИТМО (ТУ), 2001. – 189 с.
2. Черкасова Д.Н. Оптические офтальмологические приборы. Учебное пособие. – СПб: СПбГИТМО (ТУ), 2003. – 235 с.
3. Бахолдин А.В., Черкасова Д.Н. Расчет офтальмологических линз. – СПб: НИУ ИТМО, 2012.
4. Слюсарев Г.Г. Методы расчета оптических систем. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Машиностроение, 1969. – 672 с.
5. Pascal R., Fankhauser F., Kwasniewska S. New Contact Lens for Observation and Coagulation of the Retina and Choroid // American Journal of Ophthalmology. – 1988. – V. 105. – P. 479–482.

Летуновский Иван Игоревич
Год рождения: 1986
Факультет точной механики и технологий,
кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии, группа № 6660
Направление подготовки: 221700 – Метрологическое обеспечение приборостроительного производства
e-mail: tegeran26@mail.ru

УДК 67.05+ 53.083.92

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШАРИКО-ВИНТОВОЙ ПЕРЕДАЧИ

И.И. Летуновский
Научный руководитель – к.т.н., доцент С.С. Киселёв

В работе приводятся результаты эксперимента, в ходе которого проводилось исследование влияния основных факторов (нагрузка и место приложения этой нагрузки) на точность перемещения и отклонения от прямолинейного перемещения механизмов с использованием шарико-винтовой передачи.

В настоящее время контроль качества нанесения серебряного покрытия на изделия ракетно-космической техники (РКТ), а именно, определение толщины данного покрытия является крайне сложной задачей ввиду того, что толщина покрытия составляет от 1 до 15 мкм, а проведение контроля должно осуществляться бесконтактно. При этом следует отметить, что наиболее применимым методом является рентгенофлуоресцентный метод, но для его реализации необходимо с высокой точностью, до 10 мкм на расстоянии 0,5 мм, позиционировать средство измерения относительно объекта контроля, что обеспечивается точностью перемещения. Таким

образом, при создании автоматизированного комплекса контроля толщины серебряного покрытия исследование точности является актуальным.

Целью работы было повышение точности перемещения механизмов комплекса для контроля толщины серебряного покрытия с использованием шарико-винтовой передачи (ШВП). Для достижения указанной цели были сформулированы частные задачи исследования:

1. разработка автоматизированного комплекса с реализацией бесконтактного контроля толщины серебряного покрытия;
2. формирование требований к программному обеспечению;
3. исследование точности позиционирования.

При решении первой задачи исследования был разработан автоматизированный комплекс, модель которого представлена на рис. 1.

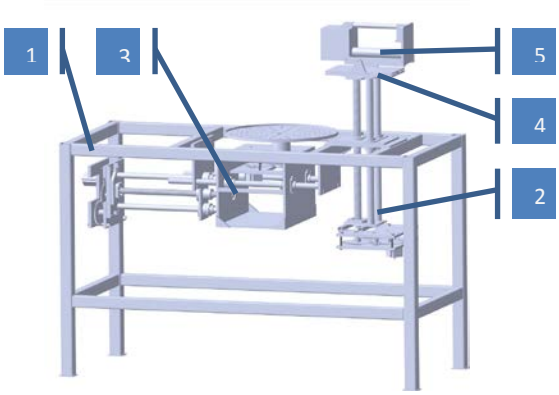
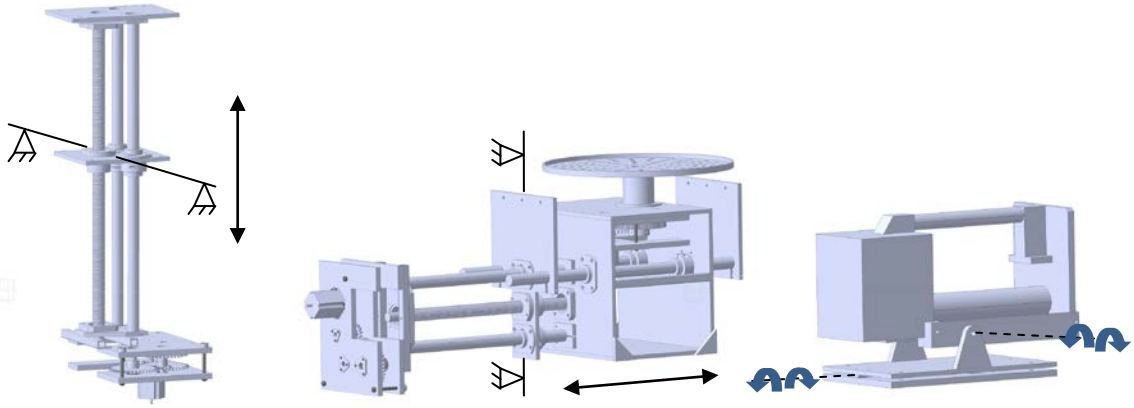


Рис. 1. Модель автоматизированного комплекса контроля толщины серебряного покрытия: 1 – каркас: 2 – устройство перемещения датчика; 3 – устройство перемещения и вращения стола; 4 – устройство юстировки датчика; 5 – средство измерения

При этом для повышения точности позиционирования в устройстве перемещения средства измерения впервые предложено представить ШВП в нетрадиционном исполнении с жестко закрепленной гайкой (рис. 2, а). Аналогично данное инновационное решение предложено использовать и в устройстве перемещения и вращения стола (рис. 2, б). Для обеспечения точности по углу тангажа и крена в связи с особенностями геометрии изделий РКТ предложено использовать устройство юстировки (рис. 2, в).



а б в

Рис. 2. Схема особенностей конструкционного исполнения устройств и механизмов: с жестко закрепленной гайкой (а); перемещения и вращения стола (б); юстировки (в)

В процессе разработки автоматизированного комплекса было разработано специальное программное обеспечение сбора, обработки, хранения и отображения результатов измерений, а также управления элементами комплекса.

Лично автором данное программное обеспечение не разрабатывалось, но формировались требования к нему. Таким образом, была решена вторая задача исследования.

Опытный образец комплекса представлен на рис. 3. Данный комплекс разрабатывался в рамках ОКР шифр «Ангара» по заказу НПО «Энергомаш» им. академика В.П. Глушко. По результатам предварительных испытаний рабочей конструкторской документации присвоена литера «О». В настоящее время проводятся работы по внедрению комплекса в штатный технологический цикл контроля деталей сборочных единиц жидкостного ракетного двигателя РД 191.

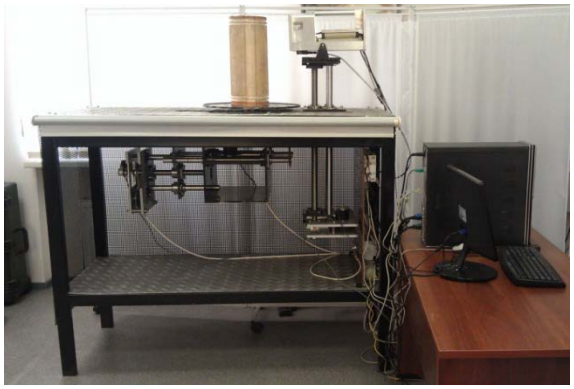
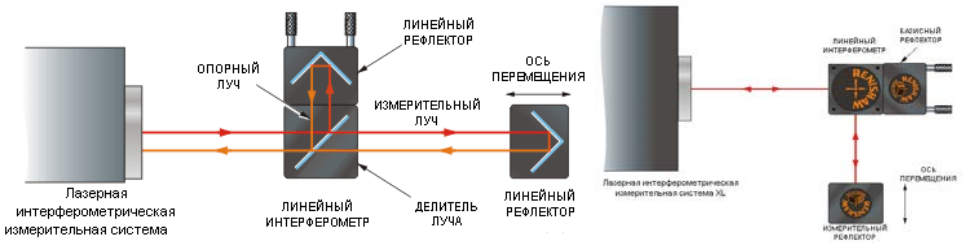


Рис. 3. Опытный образец комплекса контроля толщины серебряного покрытия

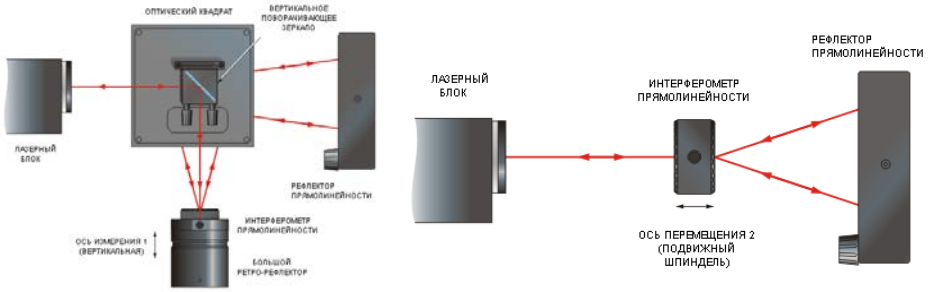
Для решения третьей задачи исследования были использованы схемы измерения, представленные на рис. 4.



а б

Рис. 4. Схема измерения перемещения по горизонтальной оси (а) и вертикальной оси (б)

Для проверки отклонений прямолинейности перемещений были использованы схемы, представленные на рис. 5. В качестве основного средства измерения используется лазерная интерферометрическая система Renishaw XL-80.



а б

Рис. 5. Схема проверки отклонения от прямолинейности направления перемещения в горизонтальной плоскости (а) и в вертикальной плоскости (б)

Для планирования активного эксперимента была разработана соответствующая матрица планирования. Результаты экспериментальных исследований показали, что конструктивное исполнение позволяет обеспечить заданную точность позиционирования средства измерения относительно объекта контроля и, соответственно, применимость рентгенофлуоресцентного метода при контроле толщины серебряного покрытия.

Результаты исследования были изложены в докладе «Автоматизированная установка контроля толщины серебряного покрытия» на втором Всероссийском конгрессе молодых ученых.

Литература

1. Петрунин И.Е. Физико-химические процессы при пайке. – М.: Высшая школа, 1972. – 280 с.
2. ГОСТ 9.302-88. ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля. – Введ. 1990-01-01. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001. – 38 с.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя, в 3-х томах. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.
4. Методические указания студентам по выполнению лабораторной работы на тему: «Измерение перемещений на оборудовании Renishaw Laser XL-80».
5. Методические указания студентам по выполнению лабораторной работы на тему: «Измерение перпендикулярности поверхностей перемещений на оборудовании Renishaw Laser XL-80».
6. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента. – М.: Металлургия, 1968. – 155 с.
7. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 280 с.
8. Хамханов К.М. Основы планирования эксперимента. Методическое пособие для студентов специальностей 190800 «Метрология и метрологическое обеспечение» и 072000 «Стандартизация и сертификация (по отраслям пищевой промышленности)», 2001. – 98 с.
9. Коронкевич В.П., Кирьянов В.П. Лазерные интерферометры перемещений // Автометрия. – 1998. – № 6. – С. 65–84.

Ли Янь
Год рождения: 1984
Институт холода и биотехнологий, факультет экономики и экологического менеджмента, кафедра финансовой экономики, группа № и6ФМ
Направление подготовки: 080200 – Менеджмент
e-mail: lyliz2003@mail.ru

УДК 33.336

ФИНАНСОВАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ В УПРАВЛЕНИИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И КИТАЯ

Ли Янь
Научный руководитель – д.э.н., профессор В.Л. Василёнок

Стратегическим планированием развития Российской Федерации (РФ) и Китая является достижение уровня социально-экономического развития, который соответствует статусу государств как лидеров среди мировых экономических участиях. Для достижения этой цели необходимо обеспечить преимущества предприятию в условиях глобальной конкуренции на всех рынках: на внутреннем и на внешних. Формирование анализа и принципов конкурентоспособного экономического развития предприятий весьма актуально для РФ и Китая. В настоящее время одной из ключевых проблем российских предприятий в условиях кризисной экономики является недостаток финансовых, технических, трудовых ресурсов для повышения конкурентоспособности на национальном и мировом уровне. А для китайских предприятий ключевыми проблемами являются увеличение себестоимости на материалы и трудовые зарплаты, ревальвация китайской валюты (жэньминьби), недостаток высокотехнических уровней и т.д. Для преодоления этих проблем необходимо: исследование факторов конкурентоспособности предприятий; сравнение состояния финансовых условий предприятий; найти оптимизацию и стратегию для повышения конкурентоспособности предприятий.

Выявление тенденций и стратегий для повышения конкурентоспособности является актуальной задачей теоретических и практических исследований. Необходимость решения данной задачи осознается и на государственном уровне, и на уровне территориальных субъектов, и на уровне отдельных предпринимательских структур.

Анализ состояния исследуемой проблемы. Проблема конкурентоспособности исследуется в экономической литературе достаточно недавно. Основоположник классической экономической теории А. Смит впервые сформулировал понятие конкуренции. Дальнейшее развитие теории конкуренции продвигали Д. Рикардо, Дж. Робинсон, Э. Чемберлин, П. Кругман и др. Основоположником современной теории конкурентоспособности по праву считается М. Портер. Портер, как популяризатор понятия экономического кластера, показал, что конкурентоспособность компании определяется конкурентоспособностью ее экономического окружения, которая, в свою очередь, зависит от базовых условий (общего ресурса) и конкуренции внутри кластера. Базовые элементы его концепции изложены в труде «Международная конкуренция» (1990 год).

В отечественной экономической литературе к вопросам теории и практики обеспечения конкурентоспособности ученые стали обращаться недавно. Российские ученые В.В. Герасименко, Т.Г. Долгопятова, Г.А. Азоев, В.Г. Белкин, А.А. Воронов, Е.П. Голубков, И.П. Данилов, М.Г. Долинская, С.В. Емельянов, П.С. Завьялов, В.К. Заусаев, И.М. Лифиц, Н.Н. Масюк, И.М. Романова, С.Г. Светуньков, М.В. Сероштан, И.Н. Соловьев, Р.А. Фатхутдинов, И.П. Черная, А.Ю. Юданов и др. внесли значительный вклад в теорию конкурентоспособности.

Цель исследования. Исследование направлено на решение проблемы обеспечения конкурентоспособности промышленных предприятий для РФ и Китая. Основной **целью работы** была разработка теоретических и методологических основ с финансовой точки зрения управления конкурентоспособностью промышленных предприятий в России и в Китае.

Объектом работы является конкурентоспособность предприятий в России и в Китае в современных финансовых условиях.

Предметом работы являются управленческие отношения, возникающие в процессе формирования и обеспечения повышения конкурентоспособности промышленного предприятия.

Теоретическая и методологическая основа. В работе использованы общенаучные методы: эмпирического исследования, теоретического познания, логические методы и приемы; а также методы: системного анализа, статистические методы, экономико-математические методы, метод сравнений и аналогий, метод обобщений, экспертные оценки и др.

Элементы научной ценности. В работе предложена авторская позиция по проблемам управления конкурентоспособностью предприятий в Китае и РФ. В результате проведенного исследования сделаем вывод, что у России есть преимущества – природные и географические, хорошо образованная рабочая сила, доставшаяся в наследство от Советского Союза. У России есть шансы стать конкурентоспособной при необходимости повышения уровня НИОКР и оптимизации использования природных ресурсов. Повышение конкурентоспособности России в ближайшие годы связывается также с перспективой развития российско-китайских отношений. Китай заинтересован в получении стратегических минеральных и энергетических ресурсов России, военного оборудования и технологий, а также в развитии приграничного туризма. Влияние Китая на растущий индекс конкурентоспособности России подкрепляется долгосрочными планами двух стран по расширению сотрудничества в переработке сырьевых ресурсов, а также в области авиастроения и высоких технологий.

Литература

1. Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов. – М.: Эксимо, 2007. – 960 с.
2. Сумарокова Е.В. Инновационные кластеры наноиндустрии / Под ред. Азоева Г.Л. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. – 296 с.
3. Годовой отчет СИТРОНИКС 2011. – М.: ОАО «СИТРОНИКС», 2012.

Любивый Андрей Валентинович
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологии,
кафедра технологии приборостроения, группа № 6656
Направление: 200100 – Проектирование интегрированных автоматизированных систем технической подготовки производства приборов и систем
e-mail: lyliz2003@mail.ru

УДК 68.01

ПОСТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВКИ

А.В. Любивый
Научный руководитель – д.т.н., профессор Г.И. Мельников

В современной теории резания металлов под системой механической обработки заготовок подразумевают совокупность свойств станка, обрабатываемой заготовки, режущего инструмента и технологической оснастки.

Тепловые явления, возникающие в технологической системе в процессе резания, оказывают существенное влияние на процесс обработки заготовок и, следовательно, на точность изготавливаемой детали. Они же определяют тепловое поле в зоне резания, которое оказывает влияние на тип стружки, нарост, величину сил резания и микроструктуру поверхностного слоя. Для оценки влияния температуры в зоне резания используется понятие средней температура резания [1–3], которая вычисляется по формуле:

$$T_{\text{рез}} = \frac{l_1^2 \cdot M_1}{\lambda_p (l_1 + l_2)} \cdot \frac{0{,}142 \frac{\sqrt{\omega}}{\lambda} \sqrt{\frac{kl_1}{v}} q_{1T} + (1+c) \cdot Q_{\text{д}}}{M_1 \frac{l_1}{\lambda_p} + \frac{\Delta}{40\lambda_p} + 0{,}184 \cdot \frac{\sqrt{\omega}}{\lambda} \sqrt{\frac{kl_1}{v}}}, \quad (1)$$

где λ – коэффициент теплопроводности материала заготовки; λ_p – коэффициент теплопроводности резца; ω – коэффициент температуропроводности материала; v – скорость резания; l_1 и l_2 – длина контакта передней и задней поверхности резца с заготовкой; c и M_1 – параметры, зависящие от сил резания и прочностных характеристик материала заготовки.

Цель работы – построение и исследование термодинамической модели процесса механической обработки заготовки.

В работе был проведен расчет средней температуры в зоне резания, возникающей при токарной обработке заготовок из Стали 45, алюминия Д16Т и бронзы Бр9-4 твердосплавным инструментом с режущей кромкой, выполненной из материала ВК-8, при назначении различных режимов резания.

Применение для расчета средней температуры резания термодинамической модели, построенной на формуле (1), позволило учесть как теплофизические и прочностные характеристики материалов заготовки и инструмента, так и особенности процесса обработки, что обусловлено наличием в формуле режимов резания. Значения температуры резания, полученные в результате расчета, приведены в таблице.

В работе был проведен эксперимент по измерению средней температуры резания при наружном точении заготовок из Стали 45, алюминия Д16Т и бронзы Бр4-6. Обработка была проведена при различных значениях скорости резания, глубины резания и подачи. С учетом динамических особенностей процесса механической

обработки заготовок был применен бесконтактный метод измерения температур. Ниже приведены результаты измерения температуры в зоне резания для заготовок, выполненных из Стали 45.

Таблица. Результаты измерений

Материал заготовки	Диаметр d, мм	Режимы резания			Температура резания $T_{рез}$, ºС	Рассчитанная температура резания $T^*_{рез}$, ºС
		Скорость резания v, м/мин	Глубина резания t, мм	Подача s, мм/об		
Сталь 45	35,1	88,17	0,25	0,05	80	99
	34,6	130,37	0,25	0,05	90	116
	33,6	168,81	0,25	0,05	100	141
	32,9	165,29	0,35	0,05	120	146
	32,2	80,89	0,35	0,05	110	131
	31,5	79,13	0,35	0,1	90	132

По рассчитанным и полученным в результате измерений значениям температуры резания был построен график зависимости температуры резания от скорости резания.

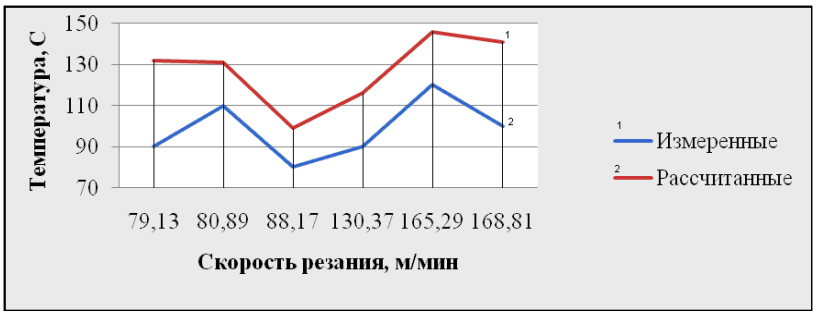


Рис. 1. Зависимость температуры резания от скорости резания

Анализ графика, приведенного на рис. 1, показывает схожесть в характере кривых для измеренных и полученных значений температур с использованием рассмотренной выше математической модели значений температуры резания. Можно сделать вывод о возможности применения данной математической модели для расчета средней температуры зоны резания с вводом поправочной константы h, которая бы учитывала разницу между измеренной и рассчитанной температурой:

$$h = T^*_{рез} - T_{рез}. \quad (2)$$

По математической модели (2), рассмотренной выше, был проведен расчет средней температуры резания, возникающей при чистовом растачивании ступенчатого отверстия $\emptyset 46{,}5 - \emptyset 45$ мм. Результатом расчета стало получение средней температуры резания $T_{рез} = 290$ºС.

Завершающим этапом работы стало моделирование процесса изготовления детали «Барабан» в CAE-системе ANSYS. Был проведен тепловой анализ (рис. 2) и определено температурное поле, возникающее в процессе лезвийной обработки. За граничные условия были приняты постоянные значения температур и конвекции.

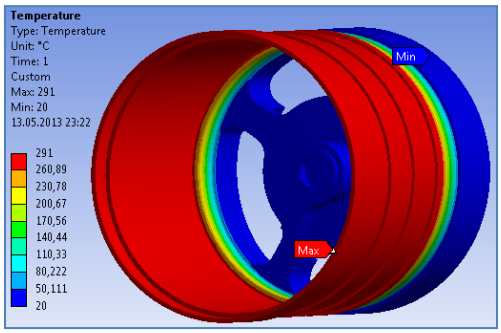


Рис. 2. Температурное поле

По результатам данной работы было сформулировано несколько выводов.

Во-первых, методика расчета температурного поля, возникающего в зоне резания, построенная на постулатах теории теплообмена, пригодна для построения термодинамической модели системы механической обработки заготовок.

Во-вторых, использование современных систем инженерного анализа для моделирования влияния механических и тепловых воздействий на заготовку в процессе обработки позволяет определить оптимальные значения режимов резания и повысить качество изготавливаемой продукции.

В-третьих, степень достоверности результатов, полученных в результате моделирования процесса обработки в системе инженерного анализа, зависит от степени достоверности геометрической, физической, конечно-элементной и термодинамической модели детали. Это утверждение подтверждается данными, которые были получены в результате эксперимента по измерению температур.

Литература

1. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.
2. Ящерицын П.И., Ерёменко М.Л. Основы резания материалов и режущий инструмент. – Минск: Вышэйшая школа, 1975. – 528 с.
3. Горелов В.М. Резание металлов. – М.: Машиностроение, 1966. – 207 с.
4. Подураев В.Н. Обработка резанием с вибрациями – М.: Машиностроение, 1970. – 350 с.
5. Малов А.Н. Справочник технолога машиностроителя. – М.: Машиностроение, 1972. – 1 т.: 696 с.; 2 т.: 568 с.
6. Старков В.К. Обработка резанием. – М.: Машиностроение, 1989. – 297 с.

Мазурова Ульяна Сергеевна
Год рождения: 1990
Факультет точной механики и технологий,
кафедра мехатроники, группа № 6673
Направление подготовки: 221000 – Системное моделирование в мехатронике
e-mail: lotos_mol@mail.ru

УДК 515.127

ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТОМОГРАММ ГОЛОВНОГО МОЗГА

У.С. Мазурова
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.О. Казначеева

Работа посвящена фрактальной оценке магнитно-резонансных томограмм головного мозга. В ходе исследования была произведена фрактальная оценка магнитно-резонансных томограмм головного мозга 26 здоровых добровольцев, не имеющих каких-либо заболеваний головного мозга, с использованием фрактальной размерности и показателя Хёрста. Также выполнен анализ зависимости фрактальных параметров томограмм от условий измерения на основе результатов томографического обследования четырех здоровых пациентов с тремя различными импульсными последовательностями.

Основной **целью работы** было исследование возможностей фрактального анализа при оценке симметрии структур головного мозга и возможностей его применения в медицинской диагностике.

Анализируемые томограммы получены на томографе General Electric SignaHDx с полем 3 Тл. В случае группы из 26 пациентов сканирование проводилось со стандартным протоколом с импульсной последовательностью FLAIR с подавлением сигнала от жидкости, которая наиболее часто применяется в реальных клинических условиях. Для анализа влияния условий измерения на результаты фрактальной оценки были выбраны три импульсные последовательности: FLAIR, градиентная SPGR, быстрое спин-эхо FSE.

Для анализа были выбраны области гиппокампов (рис. 1), так как эти структуры являются симметричными в правом и левом полушариях, а также содержат большое количество мелких элементов, подобных друг другу. В случае возникновения заболеваний, таких как, например, эпилепсия, нарушается форма гиппокампов, слой серого вещества становится тоньше.

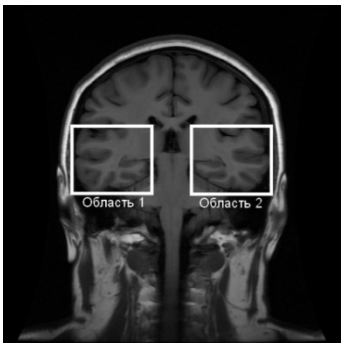
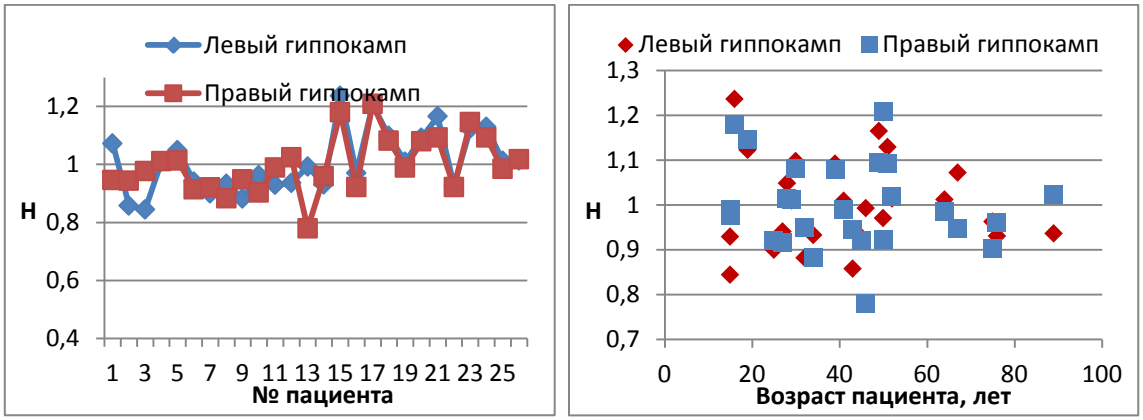


Рис. 1. Томограмма головного мозга одного из пациентов

Фрактальная оценка томограмм в настоящей работе основана на расчете фрактальной размерности и показателя Хёрста фрагментов томограмм каждого пациента. Расчет фрактальных характеристик выполнялся в двух программных пакетах: Fractan 4.4 и FracLab 2.1 (MATLAB). Предпочтение было отдано пакету FracLab 2.1 как более точному (рис. 2, а).

Показано отсутствие ярко выраженной зависимости показателя Хёрста от возраста пациентов (рис. 2, б).



а б

Рис. 2. Результаты расчета показателя Хёрста (а); зависимость показателя Хёрста от возраста пациентов (б)

Был проведен статистический анализ результатов расчета показателя Хёрста для различных законов распределения: нормального, Вейбулла, Рэлея, экспоненциального. Для каждого закона рассчитаны моменты: математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратическое отклонение (СКО), а также параметры масштаба и формы законов Вейбулла и Рэлея. Построены графики функций плотности распределения вероятности (рис. 3).

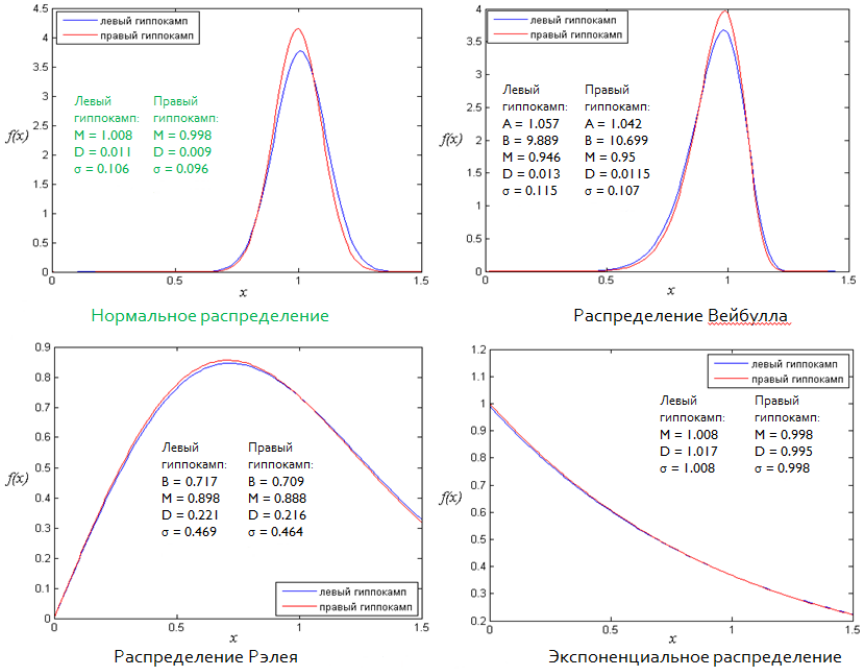


Рис. 3. Результаты статистической оценки

Поскольку возможность применения рассматриваемых законов распределения в данном случае неочевидна, была проведена проверка по критерию Пирсона на соответствие теоретических законов распределения и реальной выборки значений

(таблица). Проверка проводилась с разбиением выборки на 8 интервалов, с уровнем значимости α=0,1.

Таблица. Значения критерия χ^2

	Нормальное распределение	Распределение Вейбулла	Распределение Рэлея	Экспоненциальное распределение
χ^2	3,059	97,2	61,5	150,77
$\chi^2_{критич.}$	3,49			

Проверка показала, что из четырех законов распределения не отвергается только гипотеза о соответствии нормального распределения выборке значений показателя Хёрста (критерий χ^2 не превышает критическое значение).

Количество пациентов, принимавших участие в исследовании, невелико – 26. По этой причине в работе было выполнено имитационное моделирование показателя Хёрста для большего количества пациентов (100). Моделирование производилось в системе MATLAB по методу Монте–Карло – алгоритму моделирования случайной величины с сохранением заданных параметров закона распределения (рис. 4).

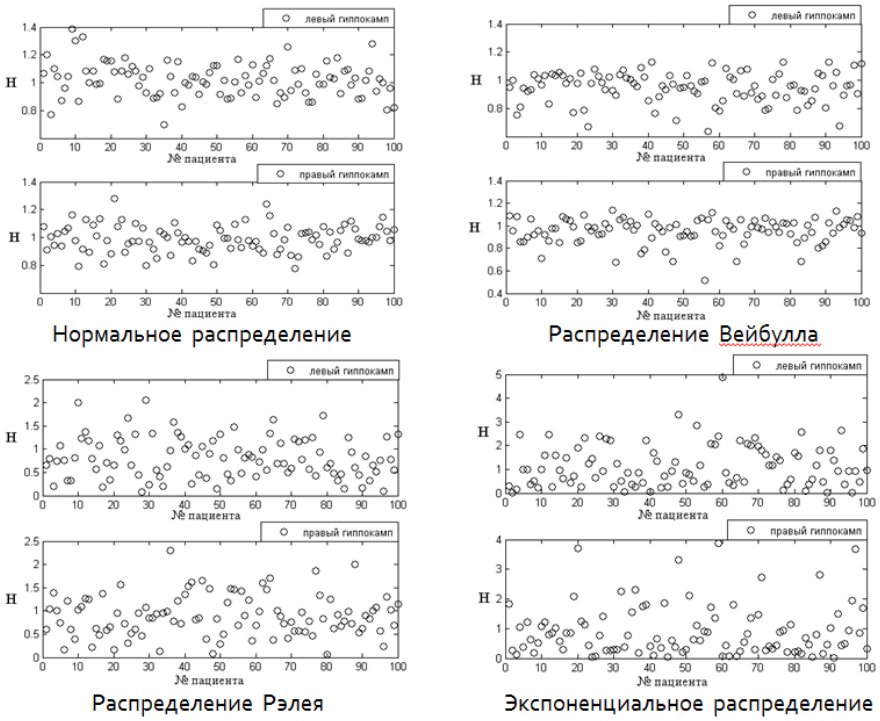


Рис. 4. Имитационное моделирование

По итогам работы в целом можно отметить следующие основные результаты.

Показана возможность использования фрактальной оценки для анализа симметрии гиппокампов. Симметрия между правым и левым гиппокампами одного пациента подтверждается близкими значениями показателя Хёрста и фрактальной размерности, близким расположением кривых функции плотности распределения вероятности. Значения показателя Хёрста у всех пациентов получены близкими к единице, что говорит о высокой степени самоподобия.

Показана возможность применения фрактального анализа в качестве дополнительного диагностического инструмента. Фрактальная размерность гиппокампов для здорового человека составила в среднем 0,998 (в диапазоне от 0,764 до 1,189); среднее значение показателя Хёрста составило 1,01 (в диапазоне от 0,811 до 1,236). Можно предположить, что резкое отклонение фрактальных характеристик от

полученных значений свидетельствует о возможном присутствии изменений в структуре гиппокампов.

Показано, что различные условия измерения не приводят к грубым ошибкам, не влияют на общие закономерности фрактальной оценки. Однако от выбора импульсной последовательности зависит точность результатов расчета, что подтверждено значениями СКО: 0,0148 для FLAIR; 0,0053 для SPGR; 0,0181 для FSE.

Статистическая оценка показала, что при анализе выборки значений показателя Хёрста не отвергается только нормальный закон распределения. Такой вывод подтверждается моделированием, по результатам которого для законов Вейбулла, Рэлея и экспоненциального в выборке появляется довольно большое количество значений показателя Хёрста, меньших 0,5, что не соответствует реальной ситуации.

Литература

1. Виноградова А.А., Мазурова У.С. Фрактализация одномерных объектов // V сессия научной школы «Проблемы механики и точности в приборостроении». – 2012. – С. 24–30.
2. Виноградова А.А., Мазурова У.С. Фрактальная оценка магнитно-резонансных томограмм спинного мозга // Сб. тезисов докладов II конгресса молодых ученых, 2013. – Вып. 2. – С. 368–369.
3. Мазурова У.С. Фрактализация гладких одномерных линий // Сб. тезисов докладов I конгресса молодых ученых. – 2012. – Вып. 2. – С. 320–321.

Малютина Алина Сергеевна
Год рождения: 1990
Факультет оптикао-информационных систем и технологий, кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа № 6301
Направление подготовки: 200400 – Компьютерная оптика
e-mail: almally@mail.ru

УДК 535.317

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПЕРЕМЕННЫМ ФОКУСНЫМ РАССТОЯНИЕМ

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

В настоящее время в оптическом приборостроении получили широкое распространение оптические системы постоянной (плавной) перемены увеличения. Оптические системы непрерывного изменения увеличения принято именовать панкратическими системами либо панкратиками [7].

Исторически объективы с переменным увеличением обладали не очень большим коэффициентом увеличения – от 2-х до 3-х крат, поскольку отсутствие мощных вычислительных средств не позволяло быстро и корректно проводить расчет подобных многолинзовых систем [7].

Первые механические версии объективов с трансфокатором разрабатывались исходя из основного условия сохранения установки на резкость при изменении

фокусного расстояния. Сегодня, при широком переходе на автофокусные объективы, данное условие не учитывается для удешевления системы, хотя профессиональные репортерские объективы по-прежнему не заменяют дистанцию фокусировки при смене фокусного расстояния [7].

Этапы проектирования оптической системы переменного увеличения. В общем случае процесс проектирования панкратических систем условно можно разделить на несколько последовательных шагов [6].

Шаг 1. Выбор принципиальной оптической схемы. Задача данного шага заключается в определении количества и относительного месторасположения компонентов.

Шаг 2. Габаритный расчет принципиальной оптической схемы. Целью данного шага является определение месторасположения компонентов, их оптических сил и габаритов, и закона движения компонентов.

Шаг 3. Выбор конструкции разрабатываемой оптической системы. На этом шаге происходит выбор числа и вида линз и линзовых деталей, образующих любой из компонентов, также выбор материала линз.

Шаг 4. Аберрационный расчет панкратической системы. Задача данного шага – определение числовых значений конструктивных характеристик деталей всех компонентов системы исходя из условия получения необходимого качества изображения, образованного системой во всем диапазоне перемены увеличения либо фокусного расстояния.

При всей значимости заключительных шагов процесса проектирования, первые два являются базовыми и наиболее ответственными, так как от их успешного выполнения зависит окончательный успех решения задачи в общем.

В настоящей работе будет досконально рассмотрен шаг 2 проектирования панкратических систем.

Габаритный расчет является главным шагом проектирования систем переменного увеличения (СПУ), так как от успешности и корректности решения задачи габаритного расчета зависят компактность системы, сложность ее конструкции и трудозатратность дальнейшего аберрационного синтеза компонентов. На шаге габаритного расчета определяются фокусные расстояния и относительные отверстия компонентов, протяженность системы переменного увеличения, законы движения компонентов, также иные параметры, обеспечивающие требуемый перепад увеличений и относительное отверстие системы переменного увеличения при установленных ограничениях на положение компонентов.

Развитие способов расчета систем переменного увеличения отражено в множественных публикациях. Общим ограничением или недостатком большинства предлагаемых способов является то, что они применимы для расчета оптических систем с переменным увеличением с двумя-тремя подвижными компонентами. Но существует большой круг задач, для решения которых могут понадобиться оптические системы с большим количеством подвижных компонентов.

Выбор языка программирования. Автоматизация расчета систем переменного фокусного расстояния является достаточно сложной задачей. Для ее осуществления требуется рассчитать достаточно большое количество параметров, решить системы уравнений, минимизировать достаточное количество оценочных функций.

В выборе языка программирования для данной задачи играют роль множество факторов, таких как:

- возможность расчета оптических систем и получение параметров системы;
- наличие функций в языке программирования;
- крайне желательно наличие объектов и классов в языке программирования.

Как было показано выше, расчет системы переменного фокусного расстояния ведется с помощью:

- рекуррентных формул;
- решения систем уравнений;
- минимизации оценочных функций.

Необходимость решения систем уравнений, а также минимизация функций, заставляют нас использовать несколько вариантов разработки.

1. Использование MATLAB как инструмента для решения уравнений и инструмента для минимизации функций с последующей записью результатов в файл определенного формата, который, впоследствии, может быть загружен в ZEMAX через созданный в рамках работы макрос на языке Zemax Programming Language. В итоге, обработка математических данных не занимает много времени и не тратится время на разработку или поиск математических библиотек.
2. Использование языка высокого уровня (например, Java) с подключенной математической библиотекой, либо же разработка таковой самостоятельно, с дальнейшей передачей информации в ZEMAX. Данный вариант предоставляет большую гибкость в выводе итоговых результатов и в получении данных системы. Благодаря использованию языка высокого уровня возможно разработать полностью автономную программу (в отличие от предыдущего этапа, в котором после получения результата необходимо вручную запустить макрос).

Алгоритм последовательных итераций. В ходе работы был разработан алгоритм, позволяющий максимально гибко менять условия расчета систем переменного увеличения. За основу алгоритма были приняты последовательные итерации, последовательные смещения каждой тонкой линзы на некоторое расстояние d, от которого зависит скорость и точность расчета. При смещении компонента рассчитывается фокусное расстояние системы, и если это фокусное расстояние оказывается ближе к заданному фокусному расстоянию, то продолжается смещение компонент в том же направлении. Если фокусное расстояние оказывается дальше от заданного фокусного расстояния, то меняется направление движения данного компонента. На каждой итерации возможна проверка необходимых условий, таких как: расстояния между компонентами, общая длина системы или диафрагменные числа.

$M_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\Phi_1 & 1 \end{bmatrix}$ – преломляющая поверхность;

$M_2 = \begin{bmatrix} 1 & T_2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ – трансляция – прямолинейное распространение луча между преломлениями (воздушный промежуток).

Итоговая матрица оптической системы есть произведение матриц отдельных простейших элементов, причем в порядке, противоположном порядку этих элементов, т.е. $M = M_n \times \cdots \times M_2 \cdot M_1$.

Анализ результатов. В работе было рассмотрено несколько вариантов и несколько подходов к решению актуальной задачи автоматизации расчета систем переменного фокусного расстояния. Был реализован последовательный алгоритм итераций.

В качестве исходных параметров программа принимает массив из расстояний между компонентами и фокусные расстояния компонентов. Данный массив является начальной точкой, весь расчет данных параметров осуществляется разработанной программой. Однако в программе имеется возможность принудительно запретить изменять фокусные расстояния компонентов. Например, если такие компоненты уже подобраны и необходим только расчет закона передвижения.

После габаритного расчета объектива разработанная программа создает макрос, который можно запустить в программное обеспечение ZEMAX и посмотреть результаты расчета. После запуска макроса будет загружена схема при минимальном фокусном расстоянии, затем будет произведено изменение параметров системы (рисунок). При этом между изменениями осуществляется некоторая задержка, которая, в свою очередь, позволяет проследить все изменения в системе.

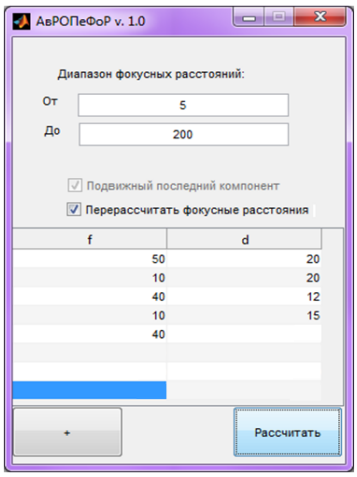


Рисунок. Интерфейс программы

В заключение отметим, что данные методы расчета позволяют сэкономить много времени расчетчику объективов с переменным фокусным расстоянием. Написанная в рамках настоящей работы программа показала хорошие результаты, которые можно улучшить путем модифицирования алгоритма итераций.

В ходе работы был произведен обзор литературы на тему исследования, был произведен поиск существующих алгоритмов решения данной задачи, а также был разработан собственный алгоритм расчета.

Проделанная работа может служить хорошим началом для новых исследований, например «исследование характеристик объективов переменного фокусного расстояния, состоящих из компонентов с переменным фокусным расстоянием». Данная программа позволяет рассчитывать такие объективы.

Литература

1. Зверев В.А., Точилина Т.В. Параметрическая модель оптической системы переменного увеличения с дискретной компенсацией расфокусировки изображения // Оптический журнал. – 2004. – Т. 71. – № 10. – С. 8–15.
2. Зверев В.А., Рамин Хои, Точилина Т.В. Линеаризация взаимосвязи перемещений компонентов в двухкомпонентной системе переменного увеличения // Оптический журнал. – 2003. – Т. 70. – № 11. – С. 37–39.
3. Пахомов И.И., Пискунов Д.Е., Хорохоров А.М. Численный метод расчета систем переменного увеличения с произвольным числом подвижных компонентов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2012. – С. 26–35.
4. Пахомов И.И., Пискунов Д.Е., Хорохоров А.М., Ширанков А.Ф. Автоматизированный габаритный расчет вариообъективов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2010. – № 3. – С. 26–41.
5. Пахомов И.И., Пискунов Д.Е., Фролов М.Е., Хорохоров А.М., Ширанков А.Ф. Автоматизированный габаритный расчет вариообъективов // Сб. трудов IX международной конференции «Прикладная оптика-2010». – 2010. – Т. 2. – С. 316–320.

6. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ru.wikipedia.org, своб.
7. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://de.ifmo.ru, своб.

Морозов Дмитрий Александрович
Год рождения: 1990
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга,
группа № 6212
Направление подготовки: 223200 – Теплофизические процессы и технологии
e-mail: spbmorozovda@mail.ru

УДК 644+697.1

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Д.А. Морозов
Научный руководитель – д.т.н., профессор Н.В. Пилипенко

Направление работы определено современными проблемами энергосбережения и повышения энергетической эффективности объектов потребления топливно-энергетических ресурсов. Уровень эффективности использования энергии является своего рода индикатором научно-технического и экономического потенциала страны, позволяющего минимизировать издержки общества на удовлетворение своих энергетических потребностей. Повышение конкурентоспособности, финансовой устойчивости, энергетической безопасности российской экономики, а также роста уровня и качества жизни населения невозможно без реализации потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Задачи исследования – проведение энергетического обследования объекта с внедрением современных энергосберегающих технологий для повышения энергетической эффективности зданий и сооружений по выявленному потенциалу энергосбережения.

Термин «энергетическое обследование» введен Федеральным законом об энергосбережении и повышении энергетической эффективности от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ [1]. Закон формулирует требования энергетической эффективности, перечень объектов энергетического обследования, цели и сроки проведения энергоаудита зданий, организаций и предприятий промышленности.

Цель энергетического обследования и настоящей работы [1]:

1. получение данных об объеме расходуемых энергетических ресурсов;
2. определение класса энергетической эффективности;
3. определение потенциала энергосбережения и увеличения энергоэффективности;
4. разработка мер по энергосбережению и повышению энергоэффективности.

Объект представляет собой комплекс из пяти зданий, занимающий территорию около 2 га с суммарным объемом зданий порядка 162 000 м^3. Для обеспечения деятельности предприятие потребляет следующие ресурсы: электроэнергию, тепловую энергию, питьевую воду, моторное топливо. Расходы предприятия на приобретение ресурсов в 2011 г. составили более 13 млн. руб. В этой связи предприятие подлежит обязательному энергетическому обследованию на основании п. 5 статьи 16 Федерального закона [1].

Основываясь на целях и задачах работы, на предприятии была выполнена следующая методика обследования.

1. Сбор необходимой документации и информации об объекте.
2. Проведено инструментальное обследование для выявления:
   - состояния инженерных сетей [2];
   - эффективности работы оборудования, в том числе осветительного и технологического;
   - средней температуры в помещении [3];
   - температурных режимов поставляемых ресурсов;
   - качества электроэнергии;
   - состояния тепловой защиты здания, в том числе сопротивление теплопередаче, нерациональные потери тепла и дефекты ограждающих конструкций [4];
   - суточного графика расхода холодной воды [5];
   - выявление отклонений по загруженности фаз, оценка возможных перегревов от фазовых нагрузок. Определение дефектов контактных соединение элементов электрической сети [6, 7].
3. Обработка и анализ собранных данных, включающий определение:
   - целевых показателей в области энергосбережения;
   - удельных характеристик объекта [8, 9];
   - объемов используемых топливно-энергетических ресурсов (ТЭР);
   - показателей энергетической эффективности;
   - величины потерь ТЭР;
   - потенциала энергосбережения;
   - перечня типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности;
   - состояния инженерных сетей;
   - анализа договорных отношений.
4. Систематизация данных и составление энергетического паспорта.

В ходе написания настоящей работы были выполнены следующие работы.

а) Произведен анализ законодательной и нормативно-методической базы.

б) Получены и проанализированы данные об объеме расходуемых энергетических ресурсов и затратах, вызванных их приобретением:
   - расходы предприятия на энергоресурсы за отчетный 2011 г. составляют 12125,5 тыс. руб.;
   - большая часть совокупных затрат на энергоресурсы и воду, порядка 57%, приходится на оплату потребления электроэнергии;
   - в остальной части совокупных затрат на энергоресурсы и воду, больше половины занимает теплоснабжение – порядка 32% от общей доли;
   - динамика роста тарифов на ТЭР является отрицательной, так как с каждым годом происходит увеличение стоимости единицы продукции. Особенно это заметно на примере тепловой и электрической энергии, где увеличение произошло на 81% и 96% соответственно;
   - динамика затрат на ТЭР показывает увеличение расходов за период 2007–2009 гг., но за период 2009–2011 гг. происходит насыщение. Это связано с экономией ресурсов, так как рост тарифов за этот период сохранялся.

в) Произведен сбор и анализ сведений об оснащенности приборами учета, об отчетной документации по ремонтным и энергосберегающим мероприятиям.

1. Установленные системы учета энергоресурсов соответствуют нормативным требованиям. Для повышения достоверности оценок потребления ресурсов по корпусам рекомендуется организовать технический учет в каждом корпусе с документированием.

2. На предприятии были проведены следующие мероприятия по энергосбережению:
   - замена ламп накаливания на энергосберегающие;
   - изъятие электроприборов с низким классом эффективности энергопотребления;
   - замена оконных блоков в деревянном переплете на металлопластиковые стеклопакеты;
   - замена входных дверей;
   - замена чугунных радиаторов на биметаллические;
   - замена стальных трубопроводов на полимерные;
   - восстановление теплоизоляции трубопроводов.
3. Произведено инструментальное и визуальное обследование, включающее:
   - визуальное обследование с фотофиксацией;
   - термографическое обследование ограждающих конструкций;
   - определение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций;
   - определение качества и количества потребляемой электроэнергии;
   - мониторинг суточного расхода холодного водоснабжения.
4. Определены удельные характеристики предприятия:
   - удельные тепловые характеристики;
   - удельные характеристики потребления энергоресурсов.
5. Определены нерациональные потери следующих энергоресурсов:
   - тепловой энергии, вызванные отклонением фактического сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций от нормативного, «перетопами», некачественной или отсутствующей теплоизоляцией трубопроводов системы отопления;
   - электроэнергии, вызванные частичной модернизацией системы освещения и оборудования столовой;
   - моторного топлива, объясняемые перерасходом моторного топлива некоторыми машинами;
   - воды, обусловленные устаревшим сантехническим оборудованием.
6. Определен класс энергетической эффективности зданий предприятия:
   - класс энергетической эффективности зданий предприятия устанавливается как D (низкий). Необходима реконструкция или утепление наружных ограждающих конструкций.
7. Определен потенциал энергосбережения и увеличения эффективности использования ресурсов.
8. Разработан список типовых мер по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.
9. Разработан энергетический паспорт предприятия.
10. Произведена регистрация паспорта в СРО и Министерстве Энергетики Российской Федерации.

Литература

1. Федеральный закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Методические рекомендации определения технического состояния систем теплоснабжения, горячего водоснабжения, холодного водоснабжения, водоотведения путем проведения освидетельствования от 25 апреля 2012 г.
3. СНиП 2.08.02-89*. Общественные здания и сооружения. – Введ. 01.01.1990. – М:

ФГУП ЦПП, 2000. – 44 с.
4. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. – Введ. 01.10.2003. – М.: Минрегион России, 2004. – 66 с.
5. СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация зданий. – Введ. 01.07.1986. – М.: ГУП ЦПП, 1996. – 60 с.
6. Правила устройства электроустановок изд. 7 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.elec.ru/library/direction/pue.html, своб.
7. МДС 23-1.2007. Методические рекомендации по комплексному теплотехническому обследованию наружных ограждающих конструкций с применением тепловизионной техники. – М.: ФГУП ЦПП, 2007. – 20 с.
8. Малявина Е.Г. Теплопотери здания. Справочное пособие. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. – 144 с.
9. СНиП 2.04-05-91*. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – Введ. 01.01.1992. – М., 1999. – 71 с.

Мошкин Николай Николаевич
Год рождения: 1989
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра информационно-навигационных систем,
группа № 6163
Направление подготовки: 220400 – Управление движением и навигация
e-mail: freeone1989@gmail.com

УДК 621.398.694.4-531.77

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА КАЛИБРОВКИ ДАТЧИКОВ УГЛА В СОСТАВЕ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА НЕУПРАВЛЯЕМЫХ ГИРОСКОПАХ

Н.Н. Мошкин
Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. А.А. Столбов

Рассматривается задача калибровки погрешностей датчиков угла (ДУ) высотно-азимутального следящего карданова подвеса (КП) в составе инерциальной навигационной системы на неуправляемых гироскопах (НГ). Метод контроля основан на использовании автономного измерения (разности измеренного и расчетного значений косинуса угла между векторами кинетических моментов двух НГ), что позволяет применять его на подвижном основании. При контроле оцениванию подлежат параметры модели погрешностей ДУ, представляющие собой 128-ю и 256-ю пространственные гармоники от угла поворота внутреннего и промежуточного колец КП. В работе исследуется наблюдаемость искомых погрешностей ДУ в зависимости от диапазона изменения углов разворота колец КП, при которых производится оценивание. Критерием наблюдаемости является максимальное разнесение периодов оцениваемых составляющих во временной области. Предложен алгоритм калибровки погрешностей ДУ, основанный на использовании метода наименьших квадратов. Эффективность оценивания погрешностей ДУ подтверждена как по результатам моделирования, так и экспериментально на серийном образце инерциальной навигационной системы.

Модель погрешностей ДУ, установленного на внутреннем кольце карданова подвеса (ВККП) имеет вид:

$$\delta h_{2ДУ} \approx A1_{h_128} \cdot \cos(128 \cdot h2(t)) + A2_{h_128} \cdot \sin(128 \cdot h2(t)) + \quad (1)$$
$$+ A1_{h_256} \cdot \cos(256 \cdot h2(t)) + A2_{h_256} \cdot \sin(256 \cdot h2(t)),$$

где $A1_{h_128}, A2_{h_256}$ – амплитуды 128-й и 256-й гармоник погрешностей ДУ по оси h (ВККП) соответственно; $h2$ – угол разворота ВККП.

В свою очередь, модель погрешностей ДУ, установленного на промежуточном кольце карданова подвеса (ПККП) будет иметь вид:

$$\delta q_{2ДУ} \approx A1_{q_128} \cdot \cos(128 \cdot q2(t)) + A2_{q_128} \cdot \sin(128 \cdot q2(t)) + \quad (2)$$
$$+ A1_{q_256} \cdot \cos(256 \cdot q2(t)) + A2_{q_256} \cdot \sin(256 \cdot q2(t)),$$

где $A1_{q_128}, A2_{q_256}$ – амплитуды 128-й и 256-й гармоник погрешностей ДУ по оси q (ПККП) соответственно; $q2$ – угол разворота ПККП.

Уравнение связи погрешностей ДУ с автономным измерением (разностью между измеренным и расчетным косинусами угла между векторами кинетических моментов НГ) при идеальной геометрии кардана, нулевом курсе и углах качки выглядит следующим образом:

$$z \approx \delta h_{2ДУ} \cdot \frac{-\sin\varphi}{\cos h_{2ДУ}} + \delta q_{2ДУ} \cdot \cos\varphi \cdot \sin\lambda_*, \quad (3)$$

где λ_* – инерциальная долгота (сумма долготы места и угла суточного вращения Земли); φ – широта места; $\delta h_{2ДУ}$ – погрешность ДУ по оси ВККП; $\delta q_{2ДУ}$ – погрешность ДУ по оси ПККП.

Характер изменения углов ВККП (ось h) и ПККП (ось q) «экваториального» НГ во времени можно характеризовать выражениями:

$$h2(t) \approx \cos\varphi \cdot \sin(\Omega t), \quad (4)$$

$$q2(t) \approx \lambda_* \approx \Omega t, \quad (5)$$

где Ω – угловая скорость вращения Земли.

В предположении, что определение погрешностей ДУ выполняется на линейном участке изменения угла h, разложив функцию $\sin(\Omega t)$ в ряд и удерживая первый член, получаем, что периоды погрешностей по 256-й гармонике ДУ на оси ВККП и 128-й гармоники ДУ на оси ПККП «экваториального» НГ примерно одинаков (11 мин), следовательно, выделить указанные погрешности в измерении (3) проблематично.

Для разделения указанных погрешностей существует несколько подходов. Первый подход основан на том, что при условии $\lambda^* = 0/180^\circ$ погрешности ДУ по углу q на автономное измерение не влияют. Условие обеспечивается два раза в сутки на коротком интервале времени. Далее, оценив погрешность ДУ на оси ВККП, можно учесть ее влияние на автономное измерение и оценить погрешность ДУ на оси ПККП. Недостаток такого подхода заключается в необходимости длительного ожидания нужных временных интервалов.

Второй подход – исключение погрешностей одного из датчиков за счет обеспечения неизменности положения кольца путем управления разворотом НККП по специальному закону. Недостаток такого подхода заключается в необходимости разработки специального алгоритма управления приводом наружного кольца.

Анализ выражений (3)–(5) показывает, что зависимость погрешности ДУ на оси ВККП имеет в общем случае нелинейный характер, что обусловлено гармоническим характером изменения угла h. Соответственно, период этой погрешности изменяется во времени. Поставим задачу разделения погрешностей ДУ на осях ВККП и ПККП одного

НГ с «экваториальной» ориентацией, используя указанное свойство погрешности ДУ на оси ВККП.

Введем переменную $\Delta qh_{\sin}(t)$, определяемую как разность погрешностей:

$$\Delta qh_{\sin}(t) = \delta h_{02\text{ДУ}_256} - \delta q_{02\text{ДУ}_128} = 2\sin\left(\frac{f_1(t) - f_2(t)}{2}\right)\cos\left(\frac{f_1(t) + f_2(t)}{2}\right), \qquad (6)$$

где $f_1(t) = 128 \cdot \sin(\Omega t)$; $f_2(t) = 128 \cdot \Omega t$.

Выражение (6) фактически представляет собой уравнение биений. График указанной функции показан на рис. 1 (кривая 1) вместе с зависимостью от времени угла разворота ВККП (кривая 2).

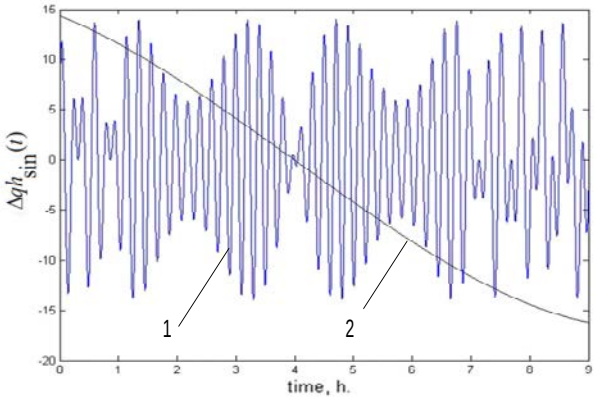


Рис. 1. График зависимости $\Delta qh_{\sin}(t)$ (1) и угла разворота ВККП (2)

Из рис. 1 видно, что на линейном участке изменения угла разворота ВККП амплитуда биений минимальна, что вызвано близостью периодов погрешностей ДУ. По мере удаления от линейного участка, и, соответственно, увеличению периода погрешности ДУ по оси ВККП, амплитуда биений нарастает. Вблизи максимума и минимума угла *h* погрешность ДУ теряет свойства гармонической функции.

Оценивание калибруемых параметров предполагается выполнять постобработкой с использованием метода наименьших квадратов. В связи с тем, что в автономном измерении могут присутствовать остаточные погрешности учета рассогласования вектора кинетического момента НГ и оси автокомпенсационного вращения его корпуса (так называемые параметры автокомпенсации), вектор оцениваемых параметров расширен. В его состав входят синусные и косинусные составляющие погрешностей ДУ, а также погрешности учета параметров автокомпенсации соответствующего НГ *ax*2, *az*2:

$$\overline{X}^T = \begin{bmatrix} A\delta q_{2\text{ДУ}_128}(\sin) \\ A\delta q_{2\text{ДУ}_128}(\cos) \\ A\delta q_{2\text{ДУ}_256}(\sin) \\ A\delta q_{2\text{ДУ}_256}(\cos) \\ A\delta h_{2\text{ДУ}_128}(\sin) \\ A\delta h_{2\text{ДУ}_128}(\cos) \\ A\delta h_{2\text{ДУ}_256}(\sin) \\ A\delta h_{2\text{ДУ}_256}(\cos) \\ ax2 \\ az2 \end{bmatrix}. \qquad (7)$$

Матрица измерений получается из уравнений (3)–(5) следующим образом:

$$H = \left[\frac{\partial z}{\partial x_1}, \frac{\partial z}{\partial x_2}, \frac{\partial z}{\partial x_3}, \frac{\partial z}{\partial x_4}, \frac{\partial z}{\partial x_5}, \frac{\partial z}{\partial x_6}, \frac{\partial z}{\partial x_7}, \frac{\partial z}{\partial x_8}, \frac{\partial z}{\partial x_9}, \frac{\partial z}{\partial x_{10}} \right]. \quad (8)$$

Вектор измерений:

$$z = H \cdot \overline{x}^T + \upsilon. \quad (9)$$

Моделирование проводилось на различных участках разворота ВККП с различными интервалами наблюдения (частота съема данных – одна секунда), получая при этом массивы данных различной размерности. Требуемая точность оценки компонент вектора состояния – 1 угловая секунда.

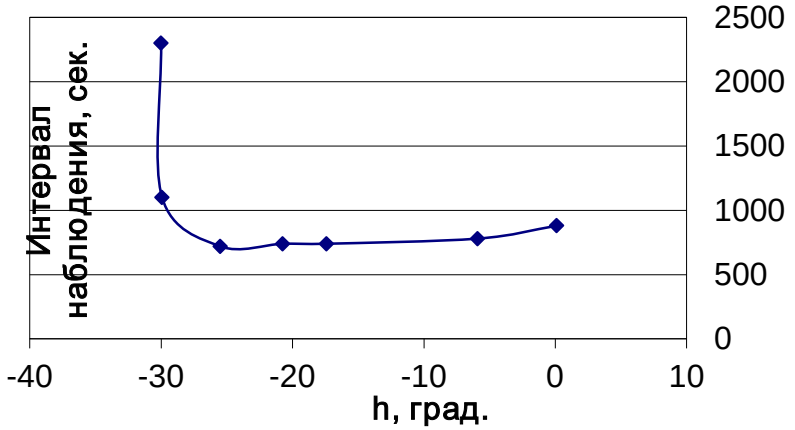


Рис. 2. Зависимость требуемого интервала наблюдения от угла *h*

На рис. 2 показана зависимость интервала наблюдения, необходимого для оценки компонент вектора состояния с требуемой точностью от угла *h*. Очевидно, что в зоне экстремума время оценивания существенно возрастает.

Требуемая точность оценки калибруемых параметров на линейных участках и на нелинейных участке (кроме зон экстремума) гарантированно достигается на интервалах наблюдения более 15 мин.

На экспериментальном образце инерциальной навигационной системы (ИНС), установленном на неподвижное основание, были получены реальные массивы данных. С помощью модифицированной программы-имитатора, в которой данные об углах разворота ВККП, ПККП, кольце автокомпенсации, а также автономное измерение брались из этих массивов, получена оценка калибруемых параметров.

Таблица 1. Результаты оценивания калибруемых параметров на линейном участке движения ВККП

	Входные параметры,''	Оценки,''			
$A\delta q_(2ДУ_128)(s$	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5
$A\delta q_(2ДУ_128)(c$	0	0,2	0,2	0,1	-0,1
$A\delta q_(2ДУ_256)(s$	-0,2	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3
$A\delta q_(2ДУ_256)(c$	-0,2	0,2	0,1	0	0
$A\delta h_(2ДУ_128)(s$	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3
$A\delta h_(2ДУ_128)(c$	0,2	0,4	0,6	1	1,3
$A\delta h_(2ДУ_256)(s$	-0,3	-0,2	-0,1	-0,1	0
$A\delta h_(2ДУ_256)(c$	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5
$ax2$	-0,7	-0,8	-0,9	-1	-1,1
$az2$	-0,7	-0,6	-0,6	-0,5	-0,4
Угол h, град.		0,1	0,1	0,1	0,1
Интервал наблюдения,сек		900	800	700	600

В табл. 1 представлены результаты оценивания калибруемых параметров на линейном участке движения ВККП. Эталонные оценки были получены путем оценивания компонент вектора состояния с использованием массива данных, полученного на 1,5 часовом интервале съема данных с экспериментального образца ИНС.

Оценка компонент вектора состояния с необходимой точностью достигается примерно за 10 мин.

В табл. 2 представлены результаты оценивания калибруемых параметров на нелинейном участке движения ВККП. Данные с того же опытного образца брались спустя существенный промежуток времени, поэтому эталонные оценки несколько изменились.

Таблица 2. Результаты оценивания калибруемых параметров на нелинейном участке движения ВККП

	Входные параметры,''	Оценки,''		
$A\delta q_{2ДУ_{128}}(sin)$	0,8	0,8	-2,5	0,7
$A\delta q_{2ДУ_{128}}(cos)$	-0,1	0,1	-1,2	0,2
$A\delta q_{2ДУ_{256}}(sin)$	-0,1	-0,1	-0,6	0
$A\delta q_{2ДУ_{256}}(cos)$	0	0	0,5	0,1
$A\delta h_{2ДУ_{128}}(sin)$	0	0	-0,5	0,3
$A\delta h_{2ДУ_{128}}(cos)$	0	0	0,8	-1
$A\delta h_{2ДУ_{256}}(sin)$	0	0	-0,1	-0,2
$A\delta h_{2ДУ_{256}}(cos)$	0	0,2	-0,1	0
$ax2$	-0,1	-0,1	-0,6	0,4
$az2$	1	1	-0,8	0,7
Угол h, град.		-23,5	-23,5	-23,5
Интервал наблюдения,сек		900	800	700

Из табл. 2 видно, что скорость оценивания не сильно отличается от той, что была получена при моделировании.

В результате проделанной работы разработана методика оценивания погрешностей датчиков угла карданной инерциальной навигационной системы по автономному измерению, основанная на отличии периода погрешности датчика угла на оси промежуточного кольца КП, обусловленным гармоническим характером движения внутреннего кольца КП.

По результатам моделирования показана принципиальная возможность оценивания всех составляющих погрешностей ДУ с приемлемой точностью.

Определены диапазоны углов разворота внутреннего кольца КП, при которых погрешности оценивания возрастают – зоны экстремума.

Установлен минимальный временной интервал (15 мин), который необходим для гарантированного оценивания всех составляющих погрешностей ДУ с приемлемой точностью, как на линейном, так и на нелинейном участке разворота внутреннего кольца КП.

Корректность методики подтверждена путем сопоставления результатов моделирования и экспериментальной проверки на экспериментальном образце инерциальной навигационной системы.

Литература

1. Тимочкин С.А., Мошкин Н.Н., Соколов А.А. О наблюдаемости погрешностей датчиков угла кардановых подвесов инерциальной навигационной системы на

неуправляемых гироскопах // XV конференция молодых ученых «Навигация и управление движением». – 2013 (принято в печать).
2. Баранова Н.А., Волкинд Р.Я., Лесючевский В.М. О разработке методики калибровки погрешностей блока ИПУ // Технический отчет. – ЦНИИ «Электроприбор». – 1998.
3. Аленькин И.В., Тарановский Д.О. Калибровка погрешностей датчиков углов карданова подвеса в составе инерциальной навигационной системы // VII конференция молодых ученых. – 2006. – С. 39–42.
4. Аленькин И.В., Столбов А.А. О контроле погрешностей датчиков угла карданова подвеса в составе инерциальной навигационной системы на электростатических гироскопах // Гироскопия и навигация. – 2010. – № 4. – С. 23.
5. Столбов А.А. и др. Результаты разработки методов контроля датчиков углов карданной инерциальной навигационной системы на неподвижном и подвижном основаниях // Материалы XXVIII конференции памяти Н.Н. Острякова. – 2012. – С. 23.

Мухаметов Рустем Маратович
Год рождения: 1989
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра информационно-навигационных систем,
группа № 6163
Направление подготовки: 220400 – Управление движением и навигация
e-mail: 0189@mail.ru

УДК 629.7.036:621.373

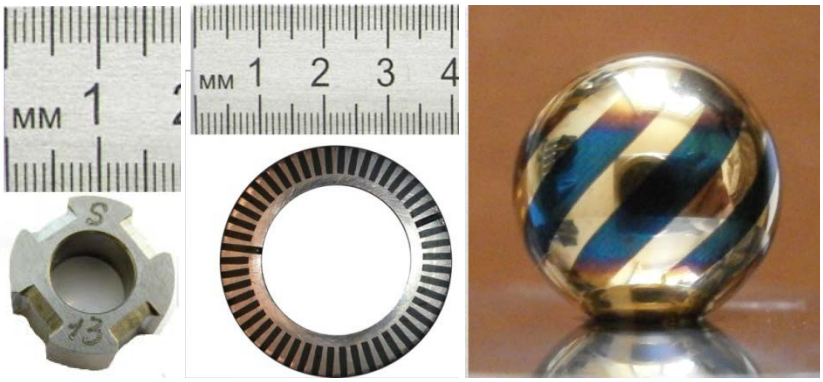
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ УЗЛОВ ГИРОПРИБОРОВ

Р.М. Мухаметов
Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. О.С. Юльметова

В работе приведены результаты разработки технологии формирования функциональных элементов в виде рисунков заданной конфигурации на поверхностях узлов гироприборов из различных материалов на примере деталей, входящих в состав поплавкового гироскопа, бескарданного электростатического гироскопа и феррозондового инклинометра. Рассмотрена возможность использования лазерного маркирования в качестве метода, позволяющего решить задачу формирования функциональных рисунков требуемой формы и контрастности [1, 2]. Представлены режимы и особенности процесса лазерного маркирования поверхностей деталей из хрупких магнитотвердых материалов, хромоникелевых сталей и сферических поверхностей гироузлов.

Объектами исследований в настоящей работе выступали различные детали гироприборов, которых объединяет то, что на их поверхностях имеется определенный функциональный рисунок. Для магнита (рис. 1, а) рисунок представляет собой обозначения полюса магнита и его порядковый номер. Рисунок на шкале (рис. 1, б) – это совокупность делений, используемых в оптоэлектронной системе съема сигнала с датчика угла поворота инклинометра вокруг продольной оси прибора [3]. А на наружную сферическую поверхность ротора электростатического гироскопа, диаметром 10 мм, (рис. 1, в) требуется нанести растровый рисунок, состоящий из

восьми винтообразных полос, ориентированных от одного полюса к другому полюсу. Растровый рисунок, также как и рисунок шкалы инклинометра, участвует в оптоэлектронной системе съема информации.



а б в

Рис. 1. Магнит поплавкового гироскопа (а); шкала феррозондового инклинометра (б); ротор бескарданного электростатического гироскопа (в)

До настоящего времени существовали проблемы в технологии нанесения этих рисунков. Применяемый для магнитных материалов метод электрографической гравировки приводил к появлению сколов и микротрещин на поверхности образцов. Для шкалы ранее использовалась технология механической фрезеровки делений с последующей затиркой черной эмалью. Для ротора существовала проблема получения желаемой контрастности на краях полос ротора, как это видно на рис. 1, б.

В рамках исследований была поставлена задача, разработать неразрушающий метод нанесения надписей на магнитных материалах и заменить трудоемкий и низкопроизводительный процесс получения делений шкалы инклинометра более высокопроизводительным и точным процессом. А также разработать технологию формирования функционального рисунка на поверхности ротора бескарданного варианта электростатического гироскопа.

В качестве технологии, позволяющей решить поставленные задачи, была успешно использована технология лазерного маркирования, которая, в частности, позволяет формировать рисунок требуемой контрастности за счет локального окисления материала покрытия детали, не вызывая деформаций.

На выбор предложенной технологии повлияли такие ее преимущества как, отсутствие механического контакта, что благоприятно для массового конвейерного производства, адаптивность к потребностям производства, возможность использования практически любых материалов, долговечность нанесенной лазером маркировки, большой оптический контраст и т.д.

Маркировка функциональных элементов осуществлялась на системе прецизионной лазерной маркировки «Минимаркер-2». Представленная система прецизионной маркировки позволяет управлять следующими параметрами процесса маркирования: мощностью лазерного излучения P, скоростью движение лазерного луча V, плотностью линий N (или числом линий, приходящихся на 1 мм маркируемой поверхности), частотой следования импульсов f, длительностью импульсов τ и числом проходов Q.

Первым объектом исследования был магнит поплавкового гироскопа, выполненный из магнитотвердого сплава на железо-никель-алюминиевой основе – ЮН15ДК24.

К обозначениям на магните не предъявляются жесткие требования по контрастности рисунка, важно лишь то, чтобы маркировка была читаема. Физическая

сущность процесса заключалась в локальном испарении металла без образования жидкой фазы, т.е. так называемое «чистое» испарение.

В результате проведенных экспериментов по лазерному маркированию были получены режимы лазерного маркирования, обеспечивающие весь комплекс технических требований к изделию.

Было выявлено, что надписи, выполненные лазерной маркировкой, более четкие. Текст – равномерный, без наплывов на границах обработанной и необработанных зон. Визуальный контроль под микроскопом не выявил каких-либо дефектов на обрабатываемой поверхности: надпись без сколов и микротрещин. Результат маркировки представлен на рис. 2.

Рис. 2. Сравнительный анализ двух методов нанесения надписей на магните: электрографической гравировкой (а); лазерной маркировкой (б)

Для шкалы инклинометра была поставлена задача, получить на поверхности детали рисунок в виде контрастных черных полос с коэффициентом контрастности не менее 0,5. С точки зрения протекания физических процессов это означает, что лазерное излучение должно иметь такие характеристики, под воздействием которых на поверхности детали образуется тонкая оксидная пленка. Показано, что в этом случае для решения проблемы эффективно использование термодинамических расчетов, позволяющих определить вероятность и предпочтительность протекания топохимических взаимодействий на поверхности шкалы из нержавеющей стали. Это позволяет получать требуемую цветовую гамму и, как следствие, необходимую контрастность за счет определенного соотношения образуемых оксидов компонентов нержавеющей стали. В результате проведенных экспериментально-исследовательских работ были подобраны оптимальные режимы маркировки, позволившие, в конечном счете, существенно улучшить характеристики инклинометра.

По результатам использования лазерного маркирования установлено, что увеличилась скорость процесса, улучшено соотношение сигнал/шум за счет увеличения контрастности от 0,5 до 0,8. Также при разработке новой технологии удалось повысить точность съема показаний со шкалы благодаря тому, что разработанная технология позволила увеличить число делений на шкале с 50 до 100 (рис. 3).

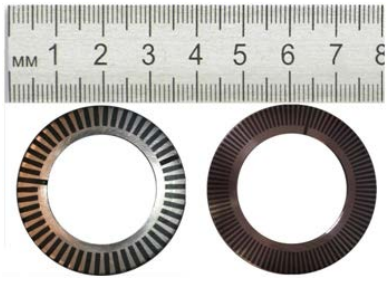
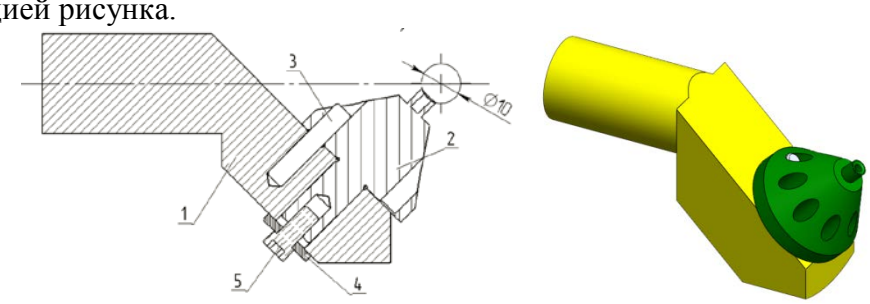


Рис. 3. Шкала инклинометра: по старой технологии (а); по новой технологии (б)

Следующим объектом исследования являлся ротор бескарданного варианта электростатического гироскопа.

Для того чтобы обеспечить стабильность фокусного расстояния при маркировании сферы было спроектировано устройство, представленное на рис. 4, позволяющее перемещать ротор в процессе маркировки по трем согласованным координатам с возможностью поворота на заданный угол, определяемый конфигурацией рисунка.



а б

Рис. 4. Устройство для маркирования винтовых полос: 1 – держатель; 2 – калибр; 3 – штифт; 4 – шайба; 5 – винт (а); общий вид устройства (б)

Разработанное устройство состоит из пяти основных деталей: держателя 1, к которому винтом 5 крепится калибр 2. В держатель запрессовывается штифт 3, который служит направляющим элементом для каждого из 8-ми отверстий калибра 2 в соответствии с количеством полос рисунка.

Кроме того, было найдено принципиальное техническое решение по лазерному маркированию криволинейных поверхностей (в частности, сферы) с расчленением растрового рисунка на составные элементы и выбором для каждого элемента соответствующих условий проведения процесса.

Качественная и количественная оценка характеристик рисунка проводилась на стенде для контроля растрового рисунка. Выявлено, что полосы ротора имеют четкие границы, промаркированы в требуемом угловом диапазоне и имеют существенно лучшую контрастность по отношению к ротору, промаркированному без использования указанной оснастки.

Обобщая результаты, следует отметить следующее.

В рамках проведенных исследований была выявлена принципиальная возможность использования процесса лазерного маркирования для формообразования функциональных элементов в виде надписей и растровых рисунков на поверхностях узлов гироприборов с использованием лазерного гравера «Минимаркер 2-М10/20».

Результаты исследований показали, что применение метода лазерного маркирования для магнитных и хрупких материалов позволяет формировать четкую рельефную контрастную надпись без сколов, микротрещин и наплывов с получением текста равномерного профиля.

Для шкалы инклинометра внедрение технологии лазерного маркирования позволило увеличить скорость технологического процесса. Также, в результате экспериментов была обеспечена возможность изменения конфигурации радиально ориентированных рисок шкалы, а именно внедрение новой технологии позволило увеличить число делений шкалы с 50 до 100, благодаря чему увеличилась точность съема показаний. Подобранные режимы маркировки позволили добиться увеличения контрастности меток с 0,5 до 0,8, что обеспечило повышение уровня полезного сигнала.

Было спроектировано приспособление, позволяющее наносить растровый рисунок требуемой точности и конфигурации на сферический ротор электростатического гироскопа.

Литература

1. Юльметова О.С., Щербак А.Г. Исследование процесса формирования светоконтрастного растра посредством лазерного маркирования // Научно-технический вестник ИТМО. – 2010. – № 5(69). – С. 28–34.
2. Юльметова О.С. Исследование контрастности лазерных меток на прецизионных металлических поверхностях // Тезисы докладов IX конференции молодых ученых и специалистов. – 2010. – С. 55.
3. Пат. 2291294 РФ, МПК[6] E21B 47/022, МПК[6] G01C 9/00, Биндер Я.И., Вольфсон Г.Б., Гаспаров П.М., Геркус А.А., Гутников А.Л., Клюшкин П.А., Падерина Т.В., Розенцвейн В.Г. Феррозондовый скважинный инклинометр, 17.06.2005, 10.01.2007, Бюл. № 1.
4. Вейко В.П. Опорный конспект лекций по курсу «Физико-технические основы лазерных технологий». –2-е изд., испр. и дополн. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2007 – 111 с.
5. Мухаметов Р.М., Юльметова О.С., Щербак А.Г. Разработка средств технологического оснащения для лазерного маркирования сферических деталей // Сб. докладов IX Всероссийской межвузовской конференции молодых ученых. – 2012. – С. 85–92.

Новиков Артём Вадимович
Год рождения: 1990
Факультет точной механики и технологии,
кафедра технологии приборостроения, группа № 6659
Направление подготовки: 200100 – Технологическая подготовка производства приборов и систем
e-mail: skobarik2403@gmail.com

УДК 68.01

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСА ИЗМЕРИТЕЛЬНО-РЕГИСТРИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ УЧЕТА ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ПОДВОДНОГО АППАРАТА

А.В. Новиков
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Валетов

В XXI веке залежи ископаемого топлива на суше все более исчерпываются. В связи с этим все чаще ведутся разработки полезных ископаемых на морском шельфе. Для разведки полезных ископаемых и используются необитаемые подводные аппараты (НПА).

Также необитаемые подводные аппараты могут использоваться:

- для поисковых операций;
- для предотвращения террористических угроз;
- для контроля строительства трубопроводов на шельфе и пр.

В этом и заключается актуальность направления настоящей работы. На базе университета СПбГМТУ была спроектирована пусковая установка для необитаемых подводных аппаратов калибром 76 мм.

Целью работы было исследование алгоритма проектирования измерительно-

регистрирующей аппаратуры для экспериментальных пусковых установок, а также обеспечение испытаний проектируемой пусковой установки (Заявка на изобретение № 2012124845 от 14.06.2012) путем проектирования, заказа, сборки и установки комплекса измерительно-регистрирующей аппаратуры и обеспечения проведения испытаний.

В соответствии с этой целью были поставлены следующие задачи.

1. Разработать математическую модель пускового устройства, позволяющую оценить параметры его работы.
2. Выработать алгоритм выбора технических требований к оборудованию в зависимости от параметров НПА.
3. Сформулировать принципиальную схему проектируемого устройства.
4. Выбрать и заказать оборудование для комплекса измерительно-регистрирующей аппаратуры.
5. Спроектировать приспособление для установки в макет НПА.
6. Разработать программу испытаний для проектируемого пускового устройства.
7. По готовности пускового устройства собрать комплекс измерительно-регистрирующей аппаратуры, изготовить спроектированное приспособление. Установить в макет и откалибровать комплекс.
8. По готовности пускового устройства провести испытания согласно сформулированной программе испытаний. Проанализировать результаты испытаний.

В данной работе мы имеем пусковую установку с соответствующими характеристиками, макет необитаемого подводного аппарата с соответствующими габаритами и конструктивными особенностями, а также комплекс измерительно-регистрирующей аппаратуры (датчик ускорения) для контроля ускорения НПА в процессе пуска, который необходимо установить в данный макет. Исследования работы направлены на проектируемый датчик.

Следует обратить внимание на то, что в процессе пуска очень большое значение имеет скорость НПА на выходе из пускового устройства. Если не обеспечить необходимую скорость НПА, то в процессе пуска в подводном положении его может заклинить под влиянием внешних факторов (скорость хода, скорость течения, и пр.).

Используя простейшие физические формулы, можно получить зависимость необходимого максимального ускорения от длины НПА и необходимой скорости на выходе из пускового устройства.

Согласно поставленной цели с использованием простейших физических формул в работе было проведено исследование зависимости необходимого максимального ускорения НПА от его длины и необходимой скорости на выходе из пускового устройства. Таким образом, вычислен необходимый диапазон измерений для комплекса измерительно-регистрирующей аппаратуры при разных данных технического задания.

Также были проведены исследования зависимости необходимой частоты измерений в соответствии с требуемой к модулю акселерометра погрешности.

После подбора основных технических характеристик к проектируемому датчику была сформирована его принципиальная схема. Основными элементами являются акселерометр, блок обработки данных, блок регистрации данных, блок согласования аппаратуры датчика и персонального компьютера, а также элемент автономного питания.

Произведен подбор элементной базы в соответствии с одним из предложенных коммерческих предложений с учетом исследованных характеристик.

Разработано типовое приспособление для установки датчика в макет НПА, учтена специфика использования в агрессивной среде и в условиях повышенных перегрузок.

Также в ходе работы разработана программа испытаний для пусковой установки, которая состоит из трех основных частей:

1. лабораторные испытания;
2. статические испытания в воде;
3. комплексные ходовые испытания.

Дальнейшие возможные направления исследования: проведение комплекса испытаний согласно разработанной программе, анализ результатов и модернизация конструкции данной пусковой установки.

Литература

1. Красильников А.В., Ефимов О.И., Валетов В.А. Испытание пусковых устройств подводных роботов: монография. – СПб: СПБГМТУ, 2012. – 102 с.
2. Конвенция ООН по морскому праву // Организация объединенных наций – официальный сайт организации. – 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.un.org/ru/, своб. – Загл. с экрана.
3. World Energy Outlook 2008 – основные положения, Russian translation // International Energy Agency – официальный сайт организации. – 2008 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.iea.org/russian/, своб. – Загл. с экрана.
4. Заявка на изобретение № 2012124845 от 14.06.2012.
5. FEZ Spider Mainboard – Overview // GHI Electronics LLC – Официальный сайт организации. – 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ghielectronics.com/catalog/product/269/, своб. – Загл. с экрана.
6. Качество и технологии. Контроль и испытание пружин // ООО Сафакулевский Филиал «Челябинский Пружинно-Навивочный Завод» – официальный сайт. – 2009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.chelmash.com/files/pressa/36.htm, своб. – Загл. с экрана.
7. Описание и характеристики датчиков и модулей Zetlab // ЗАО «Электронные технологии и метрологические системы» – официальный сайт. – 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.zetms.ru/index.php, своб. – Загл. с экрана.
8. Красильников Р.В. Системы борьбы с необитаемыми аппаратами – асимметричный ответ на угрозы XXI века. – СПб: Инфо-да, 2013. – 105 с.

Нурмухамедов Владимир Александрович
Год рождения: 1990
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем,
группа № 6159
Направление подготовки: 211000 – Технология
и инструментальные средства проектирования электронных систем
e-mail: nurmukhamedov.v.a@gmail.com

УДК 53.082.722.4

РАЗРАБОТКА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУКТУР Si/SiO_2

В.А. Нурмухамедов
Научный руководитель – к.т.н., доцент Д.А. Светлов

Анализ существующих методов измерения электрофизических характеристик структур Si/SiO_2 показал, что одним из наиболее точных и информативных методов определения данных параметров является метод определения высокочастотных вольт-фарадных характеристик (ВФХ). Чаще всего используются методы, подразумевающие создание специализированных тестовых металл-окисел-полупроводниковых структур (МОП-структур), что в дальнейшем ведет к изменению первоначальных электрофизических характеристик изучаемого образца и делает невозможным в дальнейшем проведение корректных экспериментов по определению таких характеристик. Таким образом, остро встает вопрос о метрологическом обеспечении в области неразрушающих методов измерения подобного рода характеристик, рассматриваемый в данной работе [1].

Целью работы было создание неразрушающего метода измерения электрофизических параметров структур Si/SiO_2, эквивалентного методу измерения высокочастотных ВФХ МОП-структур, позволяющего производить экспресс-анализ в исследовательских целях и в целях контроля качества выполнения этапов технологического цикла производства полупроводниковых приборов, имеющих в своей основе искомые структуры.

В процессе разработки были испытаны различные методы обеспечения необходимых для проведения корректного измерения контактов между измерительной установкой и изучаемым образцом. Были испытаны различные конструкции и материалы исполнения верхних зондов, в результате чего было принято решение использования в данном методе вольфрамового зонда с малой фиксированной площадью эффективного контакта. В качестве нижнего омического контакта был использован четырехзондовый метод [2], так как он позволяет исключить влияние емкостных эффектов, возникающих в области контакта металл-полупроводник [3].

Необходимо отметить, что для проведения тестовых испытаний были использованы пластины КЭВ 750, произведенные в технологическом цикле, проводимости n-типа с толщиной термически выращенного окисла в 120 нм, что, в свою очередь, определило характеры и направления кривых зависимостей. В качестве измерительной схемы был выбран высокочастотный метод амперметра-вольтметра [4].

Результаты измерения, полученные с использованием разработанного метода, показаны на рис. 1, а.

Обеспечение омического контакта посредством четырехзондовой контактной группы с использованием емкостного контакта осуществлялось посредством штатного диэлектрика установки и проводящего столика, и верхней обкладки конденсатора с

помощью описанного вольфрамового зонда с фиксированной площадью эффективного контакта, ход из обогащенной области соответствует классической ВФХ с уходом в неравновесную характеристику и возвращением из нее. Ход из обедненной области сопровождался возникновением локального минимума на промежутке от 3 до –0,5 В. Учитывая то, что эквивалентная схема подключенного к измерительной установке образца может включать в себя большое количество различных элементов, влияющих на ход и результат измерения, было необходимо методом исключения выяснить элемент, формирующий подобную аномалию. Также было необходимо исключить влияние измерительной установки на ход и результаты измерения.

Для проверки выше описанных предположений была проведена серия экспериментов, сутью которых были различные методы подключений изучаемого образца к измерительной установке. В результате была опровергнута гипотеза о влиянии установки и различных элементов на эквивалентной схеме.

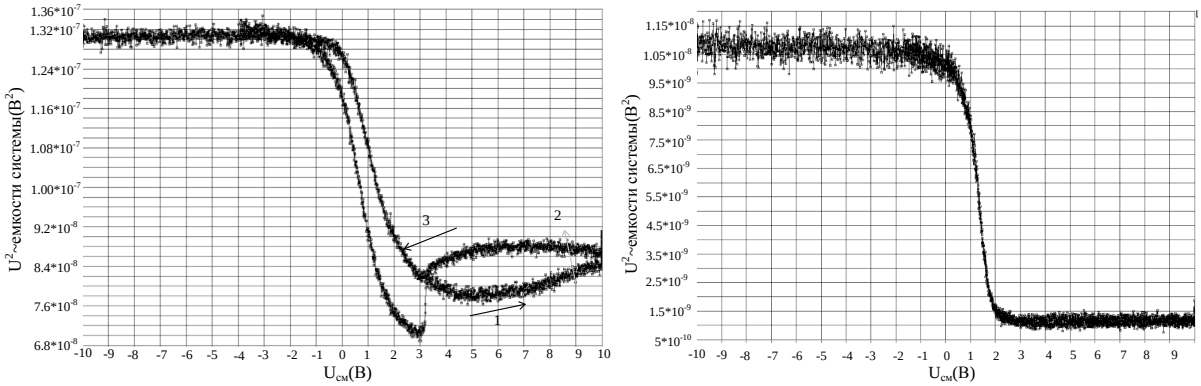


Рис. 1. Характерные зависимости, получаемые при измерении с использованием: вольфрамового зонда с фиксированной площадью эффективного контакта, где 1 – ход из области обогащения, 2 – освещение образца, сопровождающееся выходом характеристики из неравновесной зоны, 3 – ход из обедненной зоны (а); при использовании «смазанного» вольфрамового зонда (б)

При детальном рассмотрении зонда было отмечено, что поверхность контакта обладает неидеальными характеристиками плоскостности. Будучи заточенной посредством механических и электрохимических методов, поверхность зонда остается покрытой дефектами разной глубины, формы. Исходя из этого, можно было предположить, что помимо краевых емкостей, возникающих вокруг зонда, будут возникать также паразитные емкостные эффекты в местах, где будут иметься емкостные связи между зондом и поверхностью подложки. С учетом сделанных предположений появилась необходимость проверки гипотезы о зависимости характера получаемых кривых от плоскостности поверхности эффективного контакта, применяемого в качестве верхней обкладки конденсатора вольфрамового зонда.

Для проверки данной гипотезы была проведена серия экспериментов, при которых измерение производилось при обеспечении нижнего омического контакта посредством четырехзондовой контактной группы с использованием емкостного контакта, осуществлялось посредством штатного диэлектрика установки и проводящего столика. При этом в качестве верхней обкладки конденсатора использовался нанесенный на поверхность окисла пластины InGa. Характерные зависимости, получаемые при измерениях с такой постановкой эксперимента соответствовали классическим ВФХ. Для дальнейшего подтверждения проверяемой гипотезы была предпринята попытка сильного уменьшения площади верхнего контакта. Для этого штатный вольфрамовый зонд был заменен на аналогичный с меньшей площадью контакта (зонд типа «игла»), при этом на контактную поверхность

было нанесено некоторое количество InGa, что исключило наличие структурных дефектов на поверхности плоскости эффективного контакта, а также пустот и карманов, возникающих между образцом и зондом. Несмотря на то, что величины емкостей, полученные при данном эксперименте, были чрезвычайно малы, полученные характерные зависимости соответствовали классическим ВФХ.

Характерные зависимости, полученные при аналогичных условиях с той лишь только разницей, что зонд был заменен на штатный, также соответствовали классическим ВФХ (рис. 1, б).

Анализ полученных данных позволил сделать вывод, что локальный минимум при ходе из обедненной области возникал из-за наличия группы конденсаторов, дополнительно возникающих в эквивалентной схеме из-за присутствия воздушного зазора между зондом и поверхностью пластины. Также можно говорить, что данное явление возникало из-за наличия на поверхности окисла пластины свободного заряда. Возникновение такого заряда обусловлено конденсацией влаги из атмосферы. В этом случае на поверхности возникает плавающий потенциал. При уменьшении подаваемого смещения происходит перезарядка емкостей, присутствующих на эквивалентной схеме (рис. 2), но из-за наличия свободного заряда на поверхности пластины в промежутке от 3 до –0,5 В происходит смена знака, отражающегося на характеристике фактически инвертированием участка кривой. Отсюда можно заключить, что локальный минимум, возникавший в процессе измерений, появлялся независимо от дифференциальных емкостей пластины. Причиной его возникновения служили воздушные конденсаторы и образующийся на поверхности окисла пластины свободный заряд.

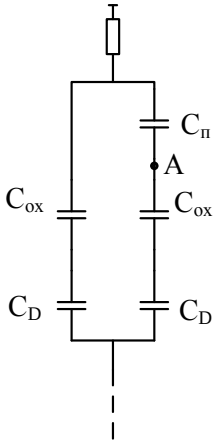


Рис. 2. Эквивалентная схема образца с верхней обкладкой конденсатора, в качестве которой использован вольфрамовый зонд: $C_п$ – емкость воздушного конденсатора; C_{OX} – емкость окисла пластины; C_D – дифференциальная емкость пластины

Заключение. Разработанный неразрушающий метод измерения обеспечивает возможность экспресс-анализа ВФХ структур Si/SiO_2, с помощью которого в дальнейшем можно определять комплекс электрофизических характеристик этих структур. Артефакты на характеристиках, возникающие при ходе из обедненной области в обогащенную могут быть устранены посредством нанесения на поверхность контактной области зонда проводящего материала типа InGa или посредством достижения более высоких параметров плоскостности контактной области вольфрамового зонда, что практически исключит влияние воздушных емкостей со свободным зарядом на поверхности пластины.

Литература

1. Нурмухамедов В.А., Ткачев К.О. Лабораторная установка для измерения высокочастотных вольт-емкостных характеристик структур Si/SiO_2 // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых. – 2013. – Вып. 1. – С. 164–165.
2. Agilent Evaluation of MOS Capacitor Oxide C-V Characteristics Using the Agilent 4294A. – Printed in USA, 2003. – С. 3–6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-5102EN.pdf, своб.
3. Мамедов Расим Кара оглы. Контакты металл-полупроводник с электрическим полем пятен. – Баку: Изд-во БГУ, 2003. – С. 10–15.
4. Agilent Impedance Measurement Handbook. A guide to measurement technology and techniques 4th edition. – Printed in USA, 2009. – С. 2-3–2-4, С. 2-16–2-19.

Омельченко Марина Николаевна
Год рождения: 1990
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга,
группа № 6212
Направление подготовки: 223200 – Теплофизические процессы и технологии
e-mail: Selena-sm@yandex.ru

УДК 536.24.083

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ

М.Н. Омельченко
Научный руководитель – к.т.н., доцент Д.П. Волков

Направление работы состоит в исследовании средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), лица и шеи, а именно их тепловой эффективности в условиях низких температур.

Среди климатических факторов холод вызывает наибольший дискомфорт. Длительное воздействие низких температур приводит к общим нарушениям в организме человека, а адаптироваться к холоду невозможно. Человек должен не приспосабливаться к холоду, а защищаться от него.

Не стоит также забывать, что холод – злейший враг дыхательной системы человека. Морозная, ветреная или чересчур влажная погода вызывает задержки дыхания, спазмы в легких и ощущение нехватки воздуха. Переохлаждение организма понижает сопротивляемость к инфекционным болезням. При профессиональной деятельности человека в условиях холода, это приводит к возникновению хронических, в основном респираторных, заболеваний. Комплекты теплозащитной одежды, состоящие из предметов, защищающих туловище, конечности и голову от низких температур окружающей среды находят свое широкое применение при выполнении аварийных, спасательных, строительных, ремонтных, монтажных работ в спорте и быту [1].

В условиях, когда температура окружающей среды ниже – 40°С применяют СИЗОД от холода с активной теплоизоляцией. Они создают воздушную теплозащитную подушку с использованием дополнительных источников подогрева вдыхаемого воздуха.

Съемный утепленный воротник с активной теплоизоляцией (СУВАТ) относится к средствам индивидуальной защиты органов дыхания, шеи и лица с активной теплоизоляцией и может быть использовано в условиях низких температур и/или пониженного давления в закрытых помещениях и на открытом воздухе. Предназначен для специалистов, которые работают на открытом воздухе в условиях, когда температура окружающей среды от – 40°С с возможным понижением до –70°С и средней скоростью ветра около 2 м/с.

Проектировка СУВАТ предлагает защиту органов дыхания и лица от холода открытым способом – в зоне дыхания создается воздушная завесь (в отличие от отечественных и зарубежных аналогов).

Задача исследования – провести тепловой расчет съемного утепленного воротника с активной теплоизоляцией для защиты органов дыхания. Техническое задание:

- температура окружающего воздуха: $-(70–40)^{o}$С;
- скорость ветра: 2–5 м/с;
- внутренний диаметр шланга и воздуховодов: 0,022 м;
- внешний диаметр шланга и воздуховодов: 0,025 м;
- толщина воздушного зазора: $0{,}2\cdot10^{-3}$ м;
- наружный диаметр теплоизоляции: 0,035–0,075 м;
- температура на входе в шланг: 34°С;
- температура на выходе из воздуховода: $10–20^{o}$С;
- расход воздуха в шланге: 30–160 л/мин.

Вывод. Результаты проведенных расследований показали, что при открытом способе защиты лица и органов дыхания от холода для обеспечения комфортных условий в зоне дыхания, необходимо соблюдать следующие условия:

- воздух должен подаваться из блока подогрева с расходом не менее 60 л/мин;
- толщина теплоизоляции для шланга длинной L=1 м должна быть не более 2,5–3 см, которую при уменьшении длинны шланга также следует уменьшить;
- коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала должен быть не менее 0,06 Вт/(м·К).

Заключение. В результате проведенной работы были проведены:

1. анализ известных решений СИЗОД от холода;
2. разработка методики расчета СУВАТ при различных параметрах;
3. расчет СУВАТ для защиты органов дыхания при различных параметрах, таких как:
   - расход воздуха, подаваемого из блока подогрева;
   - толщина теплоизоляции;
   - теплопроводность теплоизоляции;
   - температура окружающей среды, для шланга и воздуховодов;
4. обработка экспериментальных данных, сведение их в таблицу и построение графиков;
5. сформулированы рекомендации на основании проведенных расчетов и выборе параметров при изготовлении СУВАТ, для обеспечения комфортных условий в области дыхания.

Литература

1. Ядреева Е.В. Проектирование комплектующих изделий утепленной спецодежды на основе прогнозирования их защитной эффективности. Дис. канд. техн. наук. – СПб: СПбУТиД, 2003. –280 с.

2. Петрова С.И. Комплекс средств индивидуальной защиты от холода у якутов // Научное обозрение Саяно Алтая. – 2012. – № 1(3). – С. 56–62.
3. Колесников П.А. Теплозащитные свойства одежды. – М.: Легкая индустрия, 1965. – 346 с.
4. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru, своб.
5. Патент № 2048782. Устройство защиты органов дыхания, шеи и лица от пониженных температур // Князева К.В. – СПбУТиД. – Опубл. 27.11.1995.
6. Дульнев Г.Н. Теория тепло- и массообмена. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 195 с.
7. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре. Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1984. – 247 с.
8. МР 2.2.7.2129-06. Физиология труда и эргономика «Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в не отапливаемых помещениях». – Введ. 01.11.2006.

Орманов Даниар Рысбекович
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологий, кафедра мехатроники, группа № 6672
Направление подготовки: 221000 – Системное моделирование в мехатронике
e-mail: daniar-ormanov@yandex.ru

УДК 681.5.015

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОЗВЕННЫМ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ

Д.Р. Орманов
Научный руководитель – к.т.н., доцент С.С. Резников

В работе преследуются цели отработки основных элементарных способов управления роботом-манипулятором, такие, как передвижение полюса схвата из исходной точки в произвольную, так называемый режим управления «Point to Point» («от точки к точке»), и движение полюса по заданным узловым точкам без контроля траектории полюса. На следующем этапе поставлена задача, отработать движение по задаваемым законам, а именно:

– движение по ломаной траектории (состоящей из отрезков, соединяющих узловые точки);
– движение по произвольной траектории (по узловым точкам строиться сплайн).

Итогом работы является написание алгоритма ручного управления роботом-манипулятором с помощью пульта управления (джойстика) в режиме реального времени.

Исследуемый манипулятор (кинематическая схема представлена на рис. 1) имеет основную кинематическую цепь с четырьмя степенями подвижности и схват с тремя пальцами по три степени подвижности у каждого.

Все кинематические пары вращательного типа пятого класса. Длина манипулятора около 750 мм, а возможность захвата предмета на расстоянии более 700 мм.

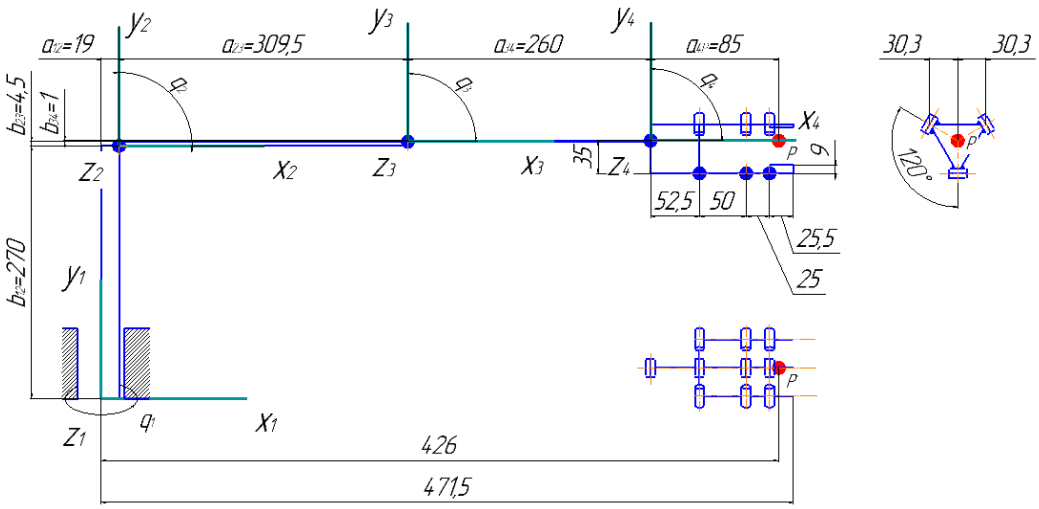


Рис.1. Кинематическая схема исследуемого робота-манипулятора (исходное положение)

Манипуляционные устройства отличаются от других тем, что абсолютное движение каждого последующего звена зачастую зависит от движения предыдущего. В ходе работы были решены прямая и обратная задачи позиционирования. Прямая задача решалась методом преобразования координат: были сформированы матрицы перехода и найдены выражения для радиус-вектора через обобщенные координаты манипулятора. Обратная задача решалась численным методом оптимизации. Этот метод был выбран из-за невозможности использования аналитических методов, так как количество неизвестных превышало количество уравнений. В качестве математического пакета был использован MATLAB и такие его приложения, как Optimization Toolbox и Simulink. В ходе решения рассмотрены вопросы множества сборок механизма, поставлены ограничения-неравенства по обобщенным координатам.

Также произведено имитационное моделирование функционирования алгоритмов управления в среде Simulink. Создана полноценная модель манипуляционной системы (рис. 2). Произведена симуляция движения манипулятора в разных режимах: «от точки к точке», «по узловым точкам без учета контроля траектории», «по траектории» и «в реальном времени».

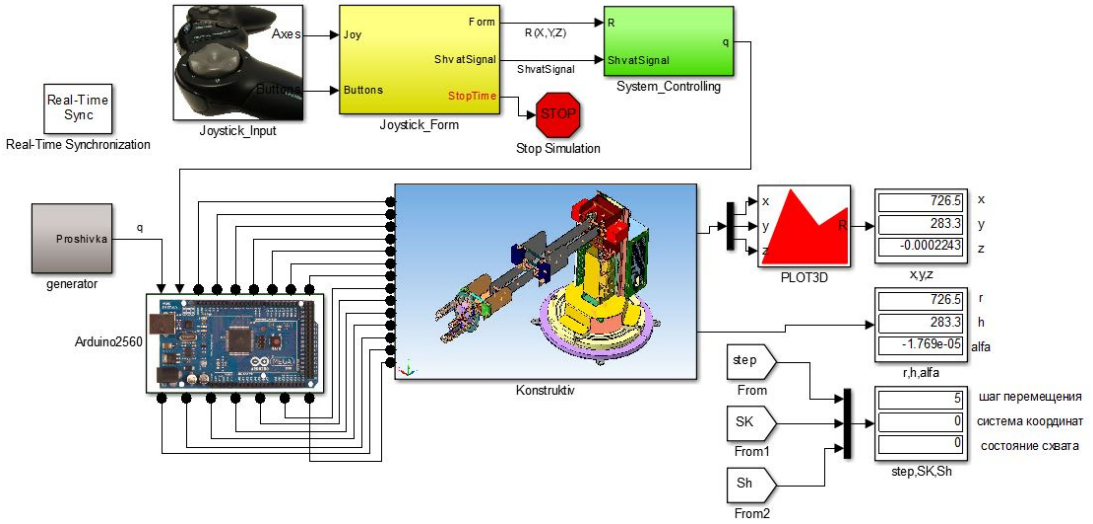


Рис. 2. Манипуляционная система. Simulink-модель

Настоящая работа является частью проекта по созданию роботизированного протеза ампутированной конечности человека. Была проработана конструкция манипулятора для конкретного производства, изготовлены все необходимые детали, выбраны и закуплены электронные компоненты (серводвигатели разных мощностей, плата управления Arduino 2560, блок питания на 350 Вт) и произведена частичная сборка. Приняты некоторые допущения, а именно: все кинематические пары заменены вращательными парами пятого класса, упрощена конструкция схвата.

В перспективе – окончательная сборка манипулятора, отработка режимов управления на физической модели. Задача на длительный срок – усложнение модели вплоть до создания экспериментального образца протеза руки. Данные задачи могут послужить предметом исследования в аспирантуре.

Литература

1. Юревич Е.И. Основы робототехники. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.
2. Артоболевский И.И. Теория машин и механизмов. – М.: Наука, 1988. – 640 с.
3. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB, учебный курс. – СПб: Питер, 2005. – 512 с.
4. Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е., Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н. MatLab7. – СПб: БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.
5. Дьяконов В., Круглов В. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник. – СПб: Питер, 2001. – 480 с.
6. Arduino – HomePage [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMicro, своб.
7. MATLAB – The Language of Technical Computing [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http: //www.mathworks.com/products/matlab/, своб.
8. Официальный сайт ООО «Амада» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.amada.ru/index.php, своб.
9. Промышленные роботы KUKA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kuka-robotics.com/russia/ru/products/industrial_robots/special/scara_robots/kr5_scara_r350/start.htm, своб.

Панченко Елена Владиславовна
Год рождения: 1991
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра компьютерные технологии, группа № 6538
Направление подготовки: 010400 – Технологии проектирования и разработки программного обеспечения
e-mail: panchenka@gmail.com

УДК 004.4'242

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О ВЫПОЛНИМОСТИ БУЛЕВОЙ ФОРМУЛЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ ПО СЦЕНАРИЯМ РАБОТЫ

Е.В. Панченко
Научный руководитель – к.т.н., профессор Ф.Н. Царев

Представление систем со сложным поведением в виде совокупности автоматизированных объектов управления все шире используется среди разработчиков программного обеспечения [1], благодаря удобству в использовании и отладке программного обеспечения, а также, поскольку построенная абстракция дает основу для последующего применения полуавтоматических валидационных и верификационных техник. Однако использование данного подхода с трудом применяется на практике, по причине того, что спецификации программного обеспечения редко сохраняются в актуальном состоянии, а в некоторых случаях не составляются вовсе.

Существуют техники построения программных моделей по снятию следов работы с существующих программ, однако они редко используются на практике, так как имеют высокие требования к входными данным, которыми зачастую является набор трейсов выполнения. Для получения точного результата необходим достаточно объемный и покрывающий все программные возможности набор входных данных. Недостаточный объем данных приводит к построению автоматной модели с очень общим поведением, не отображающую реальные возможности программного средства, что вынуждает пользователя модифицировать имеющиеся или добавлять новые данные, пока не будет построена удовлетворительная автоматная модель.

Есть два способа решения данной проблемы. Первый способ – это верификация построенных автоматных моделей для проверки их соответствия заданному поведению и добавление нового запрещающего теста в случае обнаружения ошибки. Второй – использование верификационных формул в ходе построения модели. Недостатком первого варианта является долгое время работы и возможная несходимость алгоритма, т.е. работа алгоритма без получения удовлетворительного результата. Второй вариант дает возможность задания большого числа вариантов поведения автомата, а также производит построение искомой модели за один цикл работы алгоритма, что улучшает производительность и увеличивает вероятность получения корректного автомата.

Настоящая работа описывает расширение программного средства, используемого для построения управляющих автоматов по сценариям работы, реализованного в ходе работы [2], добавляя возможность использования формул темпоральной логики для описания необходимых ограничений поведения разрабатываемой модели. Данная задача сводится к решению задачи о разрешимости квантифицированной булевой функции, полученной с использованием подхода верификации модели с ограничением

на длину вычислений, Bounded Model Checking, реализованного и описанного в работе [3].

В качестве исходных данных для построения управляющего конечного автомата используется множество сценариев работы, а также множество темпоральных свойств на языке логики линейного времени LTL. Сценарием работы будем называть последовательность $T_1 \ldots T_n$ троек T_i=<e_i, f_i, A_i>, где e_i – входное событие; f_i – булева формула от входных переменных, задающая охранное условие; A_i – последовательность выходных воздействий.

В работе решается задача построения управляющего детерминированного конечного автомата с фиксированным числом состояний C, множеству сценариев работы S_c и набору темпоральных свойств P, которым искомый автомат должен удовлетворять, с помощью сведения данной задачи к решению квантифицированной булевой формулы и выведения алгоритма построения формулы параметризованной входными данными.

Разработанный метод состоит из шести основных этапов.

1. Построение булевой формулы, соответствующей входному множеству сценариев.
2. Построение булевой формулы, соответствующей входному множеству темпоральных свойств искомого автомата.
3. Сведение полученных булевых формул к одной квантифицированной булевой формуле.
4. Запуск сторонней библиотеки для сведения полученной формулы к конъюнктивной нормальной форме.
5. Использование сторонней программы, решающей задачу о выполнимости квантифицированной булевой функции.
6. Построение управляющего автомата по найденной выполняющей подстановке переменных квантифицированной булевой функции.

Для выполнения первого этапа было использовано программное средство, разработанное в работе [1]. Для получения необходимой формулы производится построение префиксного дерева сценариев по имеющимся входным данным. Искомый управляющий автомат строится как результат совмещения определенных вершин входного дерева сценариев.

Для определения вершин, которые необходимо совместить, вводится понятие окраски. Вершины, окрашенные в один цвет в ходе выполнения алгоритма, совмещаются в искомом автомате.

Далее с помощью метода, разработанного в данной работе [2], строится булева функция, содержащая в качестве переменных переменные окраски вершин в предопределенное количество цветов $x_{v,i}$. В том числе в формулу добавляются дизъюнкты, соответствующие корректности построенного автомата, а также дизъюнкты, содержащие переменные, отвечающие за наличие ребра между состояниями искомого управляющего автомата $y_{a,b,e,f}$.

Для выполнения второго шага сначала определяется формат входных данных. На формат входных LTL-формул наложено ограничение в виде невозможности использовать характеристики состояний автомата, поскольку на этапе задания логики состояний еще нет. Однако это позволяет задавать свойства общего формата, что может быть полезно при создании систем с нуля. Было принято решение использовать в качестве предикатов LTL-формул функции, зависящие от входных и выходных воздействий.

Пример входного темпорального свойства:

((*wasAction*(*z1*) & *wasEvent*(*A*)) –> $\mathcal{X}$(*wasEvent*(*B*))).

Далее, с использованием подхода верификации моделей с ограничением на длину вычислений, Bounded Model Checking, рассмотренного в работе [3], входные темпоральные свойства «разворачиваются» в булеву функцию. Для этого используется понятие «обратного цикла» и ограничение его глубины поиска.

«Обратный цикл» – это цикл, образованный ребром, ведущим из какого-либо состояния пути в состояние, лежащее на данном пути ранее, как показано на рисунке ниже.

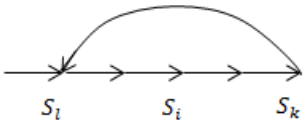


Рисунок. Пример обратного (*k*, *l*)-цикла

Для ограничения времени работы алгоритма устанавливается ограничение на длину префикса цикла *k*. Таким образом, темпоральные свойства с помощью разложения на композицию темпоральных и булевых предикатов «разворачиваются» по циклу в булеву формулу, размер которой линейно зависит от размера начальной формулы и константы *k*.

Общая формула трансляции темпоральных свойств к булевой формулы выглядит следующим образом:

$$[\![M, f]\!]_k = [\![M]\!]_k \wedge \left((\neg L_k \wedge [\![f]\!]_k^0) \vee \bigvee_{l=0}^{k} \left({}_lL_k \wedge {}_l[\![f]\!]_k^0 \right) \right),$$

где $[\![M]\!]_k$ – формула, соответствующая структуре модели, содержащая в себе условия переходов между состояниями; $[\![M, f]\!]_k$ – булева формула, соответствующая выполнимости LTL-формулы f на модели M с границей k, ${}_lL_k$ – предикат существования обратного цикла, ${}_l[\![\,.\,]\!]_k^i$, $[\![\,.\,]\!]_k^i$ – трансляции LTL-формул, описанные в работе [3].

Для выполнения третьего шага полученные формулы объединяются в одну квантифицированную булеву функцию, проверяющую все бесконечные и конечные пути в фиксированном радиусе k и содержащую кванторы существования и всеобщности. Для этого в работе введены дополнительные переменные $S_{i,j}$, обозначающие наличие *i*-го состояния искомого управляющего автомата на *j*-м шаге в рассматриваемом пути, соответствующие состояниям в пути длины *k*. Также добавлено сведение новых переменных к переменным $y_{a,b,e,f}$, полученным в работе [2].

Далее для решения полученной формулы используются программные средства Limboole [4], DepQBF [5].

Работоспособность метода проверена на сгенерированных вручную сценариях работы для задачи построения автомата управления часами с будильником, для задачи управления записью в файл, а также других задач. Производительность предложенного метода в несколько раз превышает производительность существующих методов. Автоматы, получаемые в результате работы метода, оптимальны и не содержат недостижимых состояний, в отличие от автоматов, получаемых в результате работы имеющихся методов.

Варианты дальнейшего развития:

1. поддержка новых предикатов в формате темпоральных свойств;
2. поддержка обработки переменных состояния;
3. анализ оценки достаточности входных данных;
4. оптимизация формулы с помощью выделения сабтермов в новые переменные.

Литература

1. Поликарпова Н.И., Шалыто А.А. Автоматное программирование. – СПб: Питер, 2009. – 176 с.
2. Ulyantsev V., Tsarev F. Extended Finite-State Machine Induction using SAT-Solver /Proceedings of the Tenth International Conference on Machine Learning and Applications,ICMLA 2011, Honolulu, HI, USA // IEEE Computer Society. – 2011. – V. 2. – P. 346–349.
3. Biere A., Cimatti A., Clarke E. M., Zhu Y., Strichman O. Bounded Model Checking. Документация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://fmv.jku.at/papers/BiereCimattiClarkeStrichmanZhu-Advances-58-2003-preprint.pdf, своб. – Яз. англ.
4. Limboole QDIMACS-транслятор. Проектная документация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://fmv.jku.at/limboole/, своб. – Яз. англ.
5. DepQBF QBF-solver. Проектная документация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://lonsing.github.io/depqbf/, своб. – Яз. англ.

Пономарева Екатерина Павловна
Год рождения: 1989
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6110
Направление подготовки: 231000 – Информационно-вычислительные системы
e-mail: katerin.ponomareva@gmail.com

УДК 004.42

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПОРТАЛА НА ОСНОВЕ ГИПЕРСПИСКОВ

Е.П. Пономарева
Научный руководитель – д.т.н., доцент И.А. Бессмертный

В течение жизненного цикла любого веб-портала существенная часть затрат требуется на его сопровождение, как в части информационного наполнения, так и конфигурирования. В этой связи целесообразно использовать инструментальные средства, максимально стандартизующие указанные манипуляции. Одним из таких инструментальных средств является MS SharePoint [7] – механизм гиперсписков для хранения данных.

Преимуществом использования гиперсписков MS SharePoint для хранения данных веб-портала является то, что:

- гиперсписки позволяют пользователю манипулировать данными без вмешательства разработчиков;
- гиперсписки поддерживают совместную работу с элементами;
- гиперсписки позволяют отслеживать версии элементов, а также идентифицировать авторов изменений;
- MS SharePoint предоставляет удобные средства настройки различных представлений гиперсписков (например, отображать только элементы, автором которых является текущий пользователь);
- в механизме гиперсписков имеется интерфейс разделения прав доступа;

– имеется серверная и клиентская модели MS SharePoint, которые упрощают доступ к данным [4].

В работе описывается опыт применения механизма гиперсписков для построения корпоративного веб-портала. Направлением исследования была разработка нового подхода для хранения данных веб-портала. В задачи входит выбор платформы для разработки веб-портала, проектирование и разработка веб-портала на основе разработанного подхода для хранения данных.

В процессе работы был проведен анализ существующих платформ для разработки веб-портала и принято итоговое решение разрабатывать веб-портал на платформе MS SharePoint. Был предложен подход для хранения данных в гиперсписках. Основной особенностью данного подхода является хранение в гиперсписках не только контента, но и конфигурационных данных, что существенно упрощает сопровождение веб-портала. Предложен способ защиты конфигурационных данных при использовании такого способа хранения информации.

Преимуществом хранения конфигурационных данных в гиперсписке SharePoint является то, что стандартный интерфейс SharePoint для работы с элементами гиперсписков полностью удовлетворяет требованиям заказчика. При помощи этого интерфейса администратор веб-портала может легко отредактировать данные, добавить подключение к новому внешнему источнику данных и (или) удалить старое подключение [8].

Однако основной проблемой хранения конфигурационных данных в гиперсписках было то, что по умолчанию любой пользователь имеет возможность добавлять или изменять элементы гиперсписка.

Самое простое решение данной проблемы состоит в том, чтобы сделать гиперсписок скрытым. Однако продвинутый пользователь, зная url-адрес этого гиперсписка, может получить к нему доступ. Это решение абсолютно неприемлемо в качестве окончательного решения.

Большим преимуществом платформы SharePoint является то, что у нее очень богатый интерфейс разделения прав доступа.

Для гиперсписка с конфигурационными данными (в нашем случае гиперсписок «Базы данных») необходимо настроить права таким образом, чтобы только определенная группа пользователей – Администраторы – имела полный доступ к этому гиперсписку, остальные же пользователи не имели даже возможности просмотра элементов.

Это было реализовано следующим образом.

Был добавлен обработчик событий (EventReceiver) для компонента, который содержит экземпляр гиперсписка «Базы данных». В этом обработчике событий был добавлен метод, который выполняется при активации этого компонента на рабочем узле веб-портала.

Сначала прекращается наследование разрешений на этот гиперсписок. Далее удаляются все разрешения, которые были унаследованы от разрешений рабочего узла. После этого настраиваем разрешения только для группы пользователей Администраторы. Этой группе пользователей мы предоставляем Полный Доступ к гиперсписку. Как это реализовано в программном коде, можно посмотреть на рис. 1.

```
public override void FeatureActivated(SPFeatureReceiverProperties properties)
{
    var parentWeb = properties.Feature.Parent as SPWeb;

    if (parentWeb != null)
    {
        SPSecurity.RunWithElevatedPrivileges(delegate()
        {
            using (SPSite site = new SPSite(parentWeb.Site.ID))
            {
                using (SPWeb web = site.OpenWeb(parentWeb.ID))
                {
                    SPGroup groupAdmin = web.Groups["Администраторы"];

                    SPList dbList = web.Lists["Базы данных"];
                    dbList.BreakRoleInheritance(false);
                    for (int i = 0; i < dbList.RoleAssignments.Count; i++)
                    {
                        dbList.RoleAssignments.Remove(i);
                    }
                    SPRoleAssignment roleAssignment = new SPRoleAssignment(groupAdmin);
                    SPRoleDefinition roleDefinition = web.RoleDefinitions.GetByType(SPRoleType.Administrator);
                    roleAssignment.RoleDefinitionBindings.Add(roleDefinition);

                    dbList.RoleAssignments.Add(roleAssignment);
                    dbList.Update();
                }
            }
        });
    }
}
```

Рис. 1. Фрагмент кода по настройки прав доступа для гиперсписка «Базы данных»

В результате только пользователи из группы Администраторы имеют доступ к гиперсписку «Базы данных», остальные пользователи веб-портала получат сообщение о том, что им не хватает разрешений на просмотр запрошенного контента страницы (рис. 2). Теперь можно быть уверенными, что необходимый уровень безопасности достигнут.

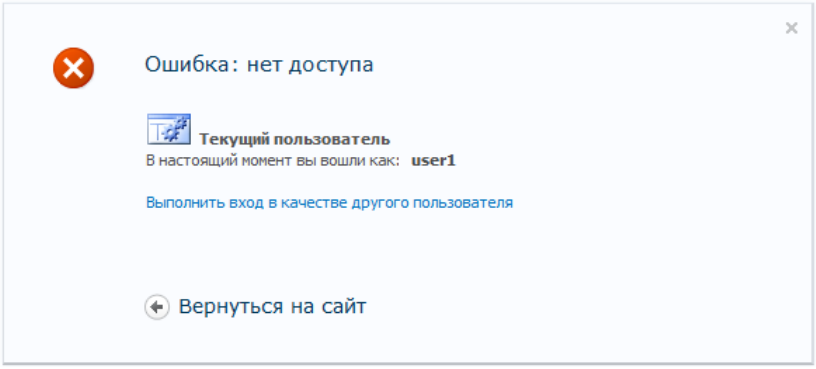


Рис. 2. Сообщение об ошибке при недостаточном наборе прав доступа пользователя

Практическим результатом является разработка корпоративного веб-портала. Хранение всех данных, в том числе и конфигурационных, реализовано с использованием гиперсписков. Требуемый уровень безопасности данных достигнут.

Веб-портал полностью реализован и готов к использованию в компании. На текущий момент веб-портал внедрен и запущен в полном рабочем объеме на стороне компании заказчика. Реализованы и настроены сервисы веб-портала, настроена интеграция с внешними источниками данных, созданы группы пользователей и настроены для них права доступа, настроена сама платформа MS Sharepoint 2010.

Разработан подход для хранения данных в гиперсписках. Разработан способ защиты конфигурационных данных при хранении в гиперсписках. Данный подход можно использовать при разработке других веб-порталов.

Литература

1. 1С-Битрикс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.1c-bitrix.ru/, своб.
2. JIRA Atlassian [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.atlassian.com/software/jira, своб.
3. Mockups JIRA Plugin [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.balsamiq.com/products/mockups/jira, своб.
4. Архитектура сервера и сайта: обзор объектной модели MSDN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms473633%28v=office.12%29.aspx, своб.
5. Библиотека Camlex.NET [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://camlex.codeplex.com/, своб.
6. Введение в Collaborative Application Markup Language MSDN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms426449%28v=office.14%29.aspx, своб.
7. Введение в продукты и технологии SharePoint MSDN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/cc537498.aspx, своб.
8. Описание работы с гиперсписками SharePoint [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://office.microsoft.com/ru-ru/windows-sharepoint-services-help/HA010024274.aspx, своб.
9. Описание работы с классом SPJobDefinition MSDN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/microsoft.sharepoint.administration.spjobdefinition.aspx, своб.
10. Разработка решений SharePoint MSDN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/vstudio/ee231517%28v=vs.100%29.aspx, своб.
11. Справочник по Windows PowerShell для SharePoint [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://technet.microsoft.com/ru-ru/library/ee890108.aspx, своб.
12. Шаблоны проектов и элементов проектов SharePoint MSDN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/vstudio/ee231554%28v=vs.100%29.aspx, своб.

Рогова Екатерина Викторовна
Год рождения: 1990
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга,
группа № 6212
Направление подготовки: 223200 – Теплофизические процессы и технологии
e-mail: katiko0_0@mail.ru

УДК 536.24.083

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ МАСКИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

Е.В. Рогова
Научный руководитель – к.т.н., доцент Д.П. Волков

Направление работы заключается в исследовании тепловой эффективности маски, предназначенной для индивидуальной защиты кожи лица и органов дыхания от холода.

Защита лица и верхних дыхательных путей в особо суровых зимних условиях представляет собой наитруднейшую задачу. В целях борьбы с переохлаждением в

настоящее время разработаны многочисленные средства индивидуальной защиты (СИЗ) лица и органов дыхания, выполненные в виде теплозащитных масок, респираторов, воротников и шлемов с пассивной и активной теплоизоляцией. Однако существующие СИЗ органов дыхания имеют ряд существенных недостатков: высокое сопротивление дыханию вследствие обледенения и образования конденсата, сложность эксплуатации и ограничение поля зрения. Выбор материалов и конструкции данных изделий определяет их теплозащитную эффективность и адекватность условиям эксплуатации.

Цель работы состояла в проведении теплового расчета утепленной многослойной маски с пассивной теплоизоляцией, разработанной в Санкт-Петербургском государственном университете технологии и дизайна. Данное теплозащитное изделие разработано для строителей, работающих на открытом воздухе в предприятиях республики Саха (Якутия). Рассматриваемый регион характеризуется суровой зимой со средней температурой воздуха, лежащей в интервале от –50°С до –30°С и средней скоростью ветра около 2 м/с. Схематическое изображение маски представлено на рисунке.

Теплозащитный слой 1 изготовлен из трикотажного шерстяного полотна, толщиной 7 мм; гигиенический слой 2 выполнен из хлопчатобумажной ткани, толщиной менее 0,5 мм; сорбционный слой 3 – из нетканого многослойного термоскрепленного полотна из полипропиленовых волокон, толщиной 1,2 мм. Сорбционный слой соединен с влагосборником 4 из гидрофильного материала.

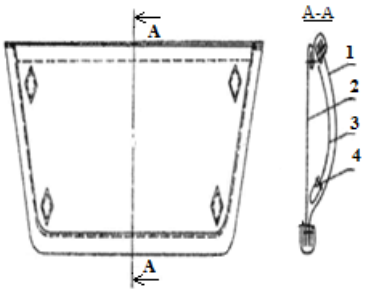


Рисунок. Схематичное изображение маски: 1 – теплозащитный слой; 2 – гигиенический слой; 3 – сорбционный слой; 4 – влагосборник

Основными вопросами, подлежащими разработке, являлись:

- составление тепловой и математической модели изделия и алгоритма расчета теплового потока через слои маски;
- результаты расчета теплового потока и температур на поверхностях слоев в зависимости от температуры окружающей среды и толщины слоев.

Достижение поставленной цели реализовано путем решения следующих задач:

- анализ процессов теплообмена между поверхностью кожи лица и окружающей средой через теплозащитное изделие;
- выбор моделей для расчета теплофизических параметров различных слоев теплозащитного изделия;
- расчет теплофизических параметров изделия.

В качестве тепловой и математической модели изделия была выбрана модель процесса теплопередачи через многослойную плоскую стенку. Для расчета теплопроводности сорбционного и теплозащитного слоев выбраны модели соответственно многокомпонентной структуры с взаимопроникающими компонентами и волокнистого материала с упорядоченной структурой.

Анализ полученных результатов расчета температуры по толщине изделия показал, что основным недостатком маски данной конструкции является замерзание влаги в порах теплозащитного слоя, которое приводит к возрастанию сопротивления

дыханию. По этой причине далее было рассмотрено влияние увеличения толщины материалов на распределение температуры по толщине изделия с целью устранения этого недостатка. Было выяснено, что увеличение толщины слоев неэффективно, поэтому необходимо искать другие пути увеличения теплозащитной эффективности изделия, например, применять материалы с иными значениями пористости и теплопроводности волокон.

Литература

1. Дульнев Г.Н., Заричняк Ю.П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. – Л.: Энергия, 1974. – 264 с.
2. Колесников П.А. Теплозащитные свойства одежды. – М.: Легкая индустрия, 1965. – 346 с.
3. Дульнев Г.Н., Волков Д.П., Муратова Б.Л., Маларев В.Л., Уткин А.Б. Теплопроводность и проницаемость газонефтенасыщенных пород. Проблемы совершенствования теплогенерирующей техники и технологии по повышению нефтеотдачи // Сб. докладов под ред. д.т.н. К.А. Якимовича, д.т.н. Л.П. Ярина. – М.: 1989. – С. 151–166.

Родыгин Игорь Валентинович
Год рождения: 1988
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики,
группа № 6303
Направление подготовки: 200400 – Оптические приборы
e-mail: magrib88@mail.ru

УДК 681.7.066

СОЗДАНИЕ ОБЗОРНО-ПАНОРАМНОЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ПАНОРАМНОЙ ОПТИКИ

И.В. Родыгин
Научный руководитель – ст. преподаватель С.И. Кучер

Обзорно-панорамные оптико-электронные системы применяются для решения различных задач, при которых возникает необходимость получения информации в пространстве полусферы или близкой к полусфере. Существуют системы трех классов, в зависимости от метода получения панорамного изображения:

1. системы с механическим сканированием;
2. системы с составным угловым полем;
3. системы с использованием панорамных оптических компонентов.

В системах первого класса формирование панорамного изображения происходит за счет механического сканирования, что исключает возможность получения панорамы в единый момент времени.

Системы второго класса обладают несколькими оптическими каналами, и получение панорамного изображения достигается состыковкой нескольких обычных систем с узким полем обзора.

Наиболее интересными для изучения и исследования являются системы, относящиеся к третьему классу. Использование в оптико-электронных системах панорамных оптических компонентов позволяет получать панорамное изображение в области полусферы или области, близкой к ней в виде плоской проекции, в едином оптическом канале, в единый момент времени.

Задачами настоящей работы являются:

- изучение существующих панорамных оптических компонентов;
- выбор панорамного компонента и его исследование;
- разработка оптико-электронной обзорно-панорамной оптической системы на базе панорамной оптики.

После проведения обзора существующих систем для дальнейшей разработки обзорно-панорамной системы был выбран объектив конструкции Куртова и Соломатина (рисунок).

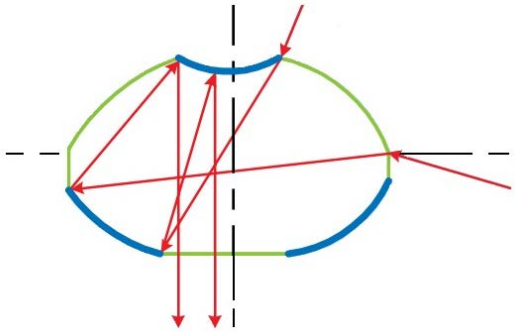


Рисунок. Панорамный объектив Куртова, Соломатина

Проектная часть состоит из следующих подразделов:

- описания метода расчета зеркально-линзового объектива;
- расчета панорамного объектива, описания схемы компоновки проектируемой системы;
- габаритного расчета системы переноса изображения, выбора CMOS-матрицы;
- анализа качества проектируемой системы;
- разработки эскизной конструкции проектируемой системы.

Актуальность темы обосновывается практическим отсутствием разработок простых по конструкции обзорно-панорамных оптико-электронных систем с панорамной оптикой, позволяющих обозревать пространство в широком угловом поле.

Выполненная работа описывает схему построения и методику расчета обзорно-панорамной оптико-электронной системы на базе панорамной оптики. Были исследованы качественные характеристики разработанной системы, показавшие необходимость более детального расчета системы переноса изображения. Также был разработан эскизный проект конструкции рассчитанной системы.

После некоторой оптимизации оптической системы переноса изображения, разработанная система вполне может быть изготовлена для лабораторных испытаний.

Литература

1. Панов В.А., Кругер М.Я. Справочник конструктора оптико-механических приборов. – Изд-во: Машиностроение, 1980. – 371 с.
2. Суханов А.Г. Панорамная астрофотография. – М.: Наука, 1985. – 88 с.
3. Ган М.А., Багдасаров А.А., Беляков Г.Ф. Панорамные системы кругового обзора // Материалы международной конференции «Прикладная оптика-2010». – С. 231–237.

4. Латыев С.М. Конструирование точных оптических приборов. – М.: Политехника, 2007. – 584 с.
5. Толстоба Н.Д., Цуканов А.А. Проектирование узлов оптических приборов. Учебное пособие. – СПб: СПбГИТМО (ТУ), 2002. – 128 с.
6. Соломатин В.А. Панорамная видеокамера // Фотоника. – 2009. – № 4. – С. 26–29.
7. Методические указания по написанию экономико-организационной части дипломных проектов. – ЛИТМО, 1998.
8. Патент №2185645. Панорамный зеркально-линзовый объектив // Куртов А., Соломатин В. – Пр. от 22.12.1999.
9. Гончаренко Е.Н. Широкоугольный зеркально-линзовый объектив. Авт.св. № 275451 от 7.10.1968.
10. Buchele et at. U.S. Patent Documents 359/725 2.638.033 05.1953.
11. Ian Powell et at. U.S. Patent Documents 359/725 5.473.474 05.1995.
12. D.W. Rees et at U.S. Patent Documents 359/725 3.505.465 04.1970.

Сагидуллин Александр Сергеевич
Год рождения: 1990
Факультет точной механики и технологий, кафедра технологии приборостроения, группа № 6657
Направление подготовки: 200100 – Управление жизненным циклом приборов и систем
e-mail: sagi.pochta@gmail.com

УДК 608.2

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СОЗДАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ПРИНТЕРОВ ДЛЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВ ПРОТОТИПОВ

А.С. Сагидуллин
Научный руководитель – к.т.н., ассистент А.А. Грибовский

В современном производстве все чаще применяется быстрое прототипирование (Rapid Prototyping) – это технология послойного наращивания материала до образования готового изделия. Для реализации этой технологии используют 3D-принтеры. Сейчас существует множество разновидностей трехмерных принтеров, использующих различные технологии формирования слоев. Коммерческие образцы в основном ориентированы на промышленное использование и имеют высокую стоимость. Если рассматривать обычных пользователей или исследователей, то в их распоряжении, как правило, ограниченный бюджет. В таких условиях выходом является самостоятельная разработка трехмерного принтера под конкретные задачи и исследования. Для снижения стоимости и сокращения времени на разработку принтера целесообразно использовать открытые проекты. Примером открытых проектов являются: RepRap и Fab@Home. Вся информация, касающаяся программного обеспечения, конструкторской и технической документации свободно доступна в сети Интернет. Однако такие проекты имеют ряд минусов. Во-первых, инструкции для создания принтера составлены под конкретное оборудование и материал, что снижает гибкость, если необходимо использовать другие компоненты. Покупка комплектующих и расходных материалов затруднена тем, что они производятся за пределами России. Во-вторых, в проектах нет единой архитектуры со строгим алгоритмом взаимодействия

всех узлов устройства. В них не представлены алгоритмы работы управляющих программ. Перечисленные недостатки затрудняют создание 3D-принтера, что ведет к удорожанию всего устройства.

Целью работы являлось исследование функциональных и конструкционных особенностей 3D-принтеров и разработка методики по их созданию. Методика поможет сократить время и средства для тех, кто занимается исследованиями и прикладными задачами в данной области.

В соответствии с этой целью были поставлены следующие задачи:

- исследование 3D-принтеров с точки зрения функциональных и конструкционных особенностей;
- разработка методики создания 3D-принтера;
- проектирование и изготовление моделирующего узла для 3D-принтера;
- формирование алгоритма функционирования и управления 3D-принтером.

В ходе исследования были выделены основные трудности при разработке 3D-принтера:

- отсутствие систематизированной методологии по созданию 3D-принтера;
- выбор доступного материала для 3D-печати;
- реализация конструкции принтера;
- программный комплекс для подготовки 3D-модели к печати;
- подбор программного обеспечения для управления 3D-принтером.

Исходя из трудностей разработки 3D-принтера, был составлен перечень задач, которые стоят перед разработчиком принтера:

- реализовать методику по созданию 3D-принтера;
- подобрать материал для печати;
- конструирование печатающего модуля и модуля перемещения в зависимости от технического задания (ТЗ);
- алгоритмы и программы построения и редактирования 3D-моделей;
- алгоритмы и программы разбиения 3D-моделей на слои;
- алгоритмы и программы управления 3D-принтером.

В состав методики вошли темы:

1. материалы, используемые для 3D-принтера;
2. основные узлы конструкции 3D-принтера;
3. программное обеспечение для 3Dпечати.

Разработан порядок создания трехмерного принтера, представленный на рисунке.

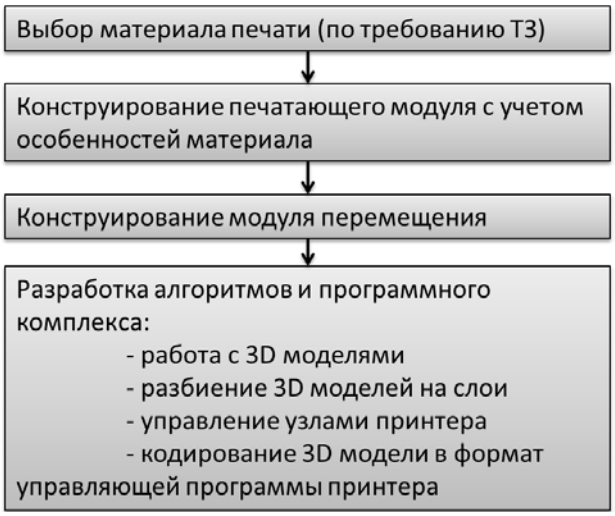


Рисунок. Порядок разработки 3D-принтера

Для проверки методики была сделана экспериментальная установка, созданная по пунктам методики.

В работе описаны основные системы управления и их составляющих, и описана методика по разработке электронной части принтера. Также в работе даны рекомендации по созданию программного обеспечения для 3D-принтеров.

Проведены испытания печатающего модуля. Разработан способ совместного управления роботом Adept Cobra s600 и шагового двигателя на печатающем модуле. Разработан алгоритм разбиения 3D-моделей на отдельные слои для последующего преобразования в управляющую программу для робота.

В работе рассмотрены базовые принципы по созданию 3D-принтера. Составлена рекомендательная методика по функциональным и конструкционным аспектам создания установок быстрого прототипирования. В практическом плане построен 3D-принтер на базе робота Adept Cobra s600 – это высокопроизводительный SCARA (Selective Compliant Assembly Robot Arm) робот для механической сборки, обработки материалов, упаковки, и других задач, которые требуют быстрой и точной автоматизации.

В работе сделано: выбрано оборудование, на базе которого решено сделать экспериментальную установку быстрого прототипирования (робот Adept Cobra s600); проведено несколько экспериментов и выбран материал, который будет использоваться в установке (силикон); спроектирован и сделан печатающий модуль; реализовано управление роботом и печатающим модулем. Также создана методика по функциональным и конструкционным аспектам создания установок быстрого прототипирования на базе многокоординатного оборудования.

Литература

1. Валетов В.А. Кузьмин Ю.П. Орлова А.А. Третьяков С.Д. Технология приборостроения. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 100 с.
2. Manufacturing in motion: first survey on 3D printing community // Statistical Studies of Peer Production [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://surveys.peerproduction.net/2012/05/manufacturing-in-motion/4/, своб.
3. Evans B. Practical 3D Printers. – Publisher: Apress, 2012. – 332 p.
4. Evans B. A World of 3D Printers. – Publisher: Apress, 2012.

Сорокина Марина Геннадьевна
Год рождения: 1990
Факультет фотоники и оптоинформатики,
кафедра оптоинформационных технологий и материалов,
группа № 6351
Направление подготовки: 200700 – Наноматериалы и нанотехнологии фотоники и оптоинформатики
e-mail: ovenka100@mail.ru

УДК 666.225

ОСОБЕННОСТИ ТРАВЛЕНИЯ ФОТО-ТЕРМО-РЕФРАКТИВНЫХ СТЕКОЛ

М.Г. Сорокина
Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Н.В. Никоноров

В современном мире для производства мини- и микромеханических элементов и устройств все чаще и чаще требуются компоненты из стекла и стеклокерамики. Требования, предъявляемые к качеству, воспроизводимости и точности этих компонентов очень высоки, и традиционные методы изготовления и обработки стекла не всегда могут им удовлетворить [1]. Трудоемкие механические операции, такие как шлифовка, сверление, резка, требуют дорогостоящего оборудования – прессов, штампов и т.д. – и при этом не обеспечивают должный уровень качества деталей и ограничены в своих возможностях вариативности изделия. Предложенный в качестве альтернативы метод химического травления, основанный на особенности плавиковой кислоты растворять стекло, отличается простотой и точностью, воспроизводимостью размеров деталей, массовостью и технологичностью, возможностью автоматизации, легкостью перехода с одного ассортимента продукции на другой и экономичностью [2].

Наибольший интерес представляют методики, основанные на травлении фотоструктурируемых стеклокерамик. В таких материалах под действием ультрафиолетового (УФ) излучения и последующей термической обработки в облученной области вырастает кристаллическая фаза. Такая структура обладает важной особенностью – скорость химического травления закристаллизованной области в несколько раз превышает скорости травления стекла [3]. Благодаря этому оказалось возможным «вырезать» в стекле сложные по форме и точные по размерам узоры без сильного подтравливания, характерного для процесса кислотного травления обычных стекол, растворяющихся в кислоте с одинаковой для всех участков скоростью.

Одним из последних перспективных оптических материалов, предложенных для применения технологии химического травления, является фото-термо-рефрактивное (ФТР) стекло. ФТР-стекло – это фоточувствительный материал на основе натриево-силикатной системы, активированной добавками серебра и церия. В результате фото-термо-индуцированной кристаллизации в облученной области ФТР-стекла вырастает наноразмерная кристаллическая фаза NaF. Было показано, что скорость травления кристаллической фазы в десять раз превышает скорость травления стеклообразной [4]. Однако, несмотря на большой потенциал и перспективность ФТР-стекла, механизмы его растворения в плавиковой кислоте недостаточно изучены. По этой причине **целью работы** было исследование особенностей травления фото-термо-рефрактивных стекол.

В качестве объекта исследования были использованы образцы ФТР-стекла оптического качества, системы: $Na_2O–Al_2O_3–ZnO–SiO_2–NaF–NaHal$ (Hal = Cl, Br), содержащие CeO_2, Sb_2O_3 и переменное количество Ag_2O, и закристаллизованная наностеклокерамика на его основе. Облучение УФ осуществлялось ртутной лампой

высокого давления через оптический волоконный кабель. Источник УФ излучения имел цифровой интерфейс, что позволяло поддерживать плотность мощности излучения на постоянном уровне и изменять дозу облучения образцов с помощью изменения времени излучения от 0,5 до 50 с. Термообработка стекол проводилась в муфельных печах. Доза облучения, температура и длительность термообработки варьировались в зависимости от состава образца и цели эксперимента. Травление образцов проводилось в растворе плавиковой кислоты 3N концентрации при постоянной температуре и постоянстве гидродинамических условий. Кинетика травления исследовалась для температур T=21–26ºС в зависимости от эксперимента.

Экспериментальное исследование особенностей травления ФТР-стекол в данной работе заключалось в исследовании кинетики травления различных составов ФТР-стекол и в исследовании влияния изменения параметров воздействия на образец стекла классического состава, в период его подготовки к химическому травлению, на скорость травления. Пример полученной экспериментальной зависимости приведен на рисунке.

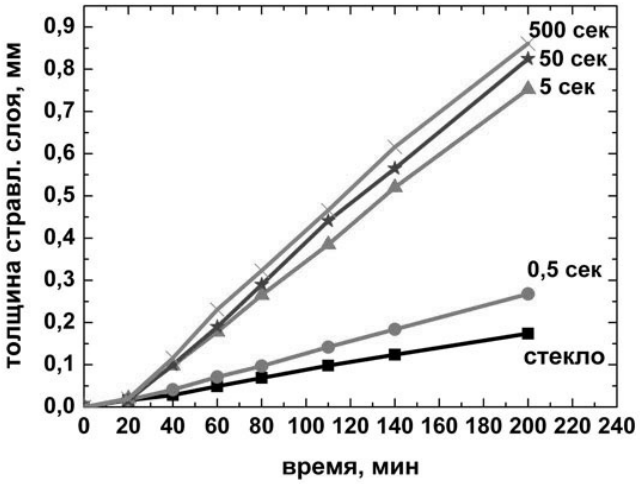


Рисунок. Зависимость толщины стравленного слоя от времени травления для наностеклокерамик с разным временем УФ облучения, 3N, T=24ºС

В работе обсуждаются возможные причины резкого отличия в скоростях травления стекла и наностеклокерамики, перспективы использования технологии травления ФТР-стекла для создания элементов фотоники и мехатроники на ФТР-стекле при использовании фото-термо-индуцированной кристаллизации стекла и последующего травления.

Эксперименты с изменением состава стекла показали, что изменение скорости травления происходит только в стеклах, в которых происходит фото-термо-индуцированное выделение наноразмерной фазы NaF. При этом металлическое серебро выступает только в качестве инициатора кристаллизации и не влияет на скорость химического травления. В результате опытов с изменением параметров фото-термо-индуцированной кристаллизации было показано, что скорость химического травления возрастает с ростом объемной доли и размера кристаллов, пока размер кристаллов не достигает критического, после чего наблюдается уменьшение скорости травления кристаллической фазы.

Кроме того, в работе была показана возможность создания новых элементов фотоники за счет объединения трех технологий: фото-термо-индуцированной кристаллизации стекла, химического травления и ионного обмена. В стеклянной пластине классического состава методом химического травления было получено отверстие. После этого образец был подвергнут низкотемпературному ионному обмену. При дальнейшей термообработке стекла после ионного обмена происходит восстановление серебра и образование наночастиц в очень высокой концентрации.

Затем с поверхности образца механически удалялся ионообменный слой. Таким образом, поверхностный слой, обогащенный серебром, оставался только в полости отверстия. После этого образец подвергся термообработке, в ходе которой в полученном отверстии восстанавливалось атомарное серебро. Это говорит о возможности получения плазмонного слоя внутри отверстий, а, следовательно, и каналов в объеме стекла.

Литература

1. Dietrich T.R., Ehrfeld W., Lacher M., Kramer M., Speit B. Fabrication technologies for Microsystems utilizing photoetchable glass // Microelectronic Engineering. – 1996. – V. 30. – № 1–4. – P. 497–504.
2. Spierings G.A.C.M. Review. Wet chemical etching of silicate glasses in hydrofluoric acid based solutions // Journal of Materials Science. – 1993. – V. 28. – P. 6261–6273.
3. Stookey S.D. Chemical Machining of Photosensitive Glass // Industrial and engineering chemistry. – 1953. – № 45(1). – P. 115–118.
4. Игнатьев А.И., Никоноров Н.В., Сорокина М.Г. Кинетика химического травления фото-термо-рефрактивного стекла и наностеклокерамики на его основе // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 3(73). – С. 29–33.

Трифонов Кирилл Владимирович
Год рождения: 1990
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра оптико-электронных приборов и систем,
группа № 6312
Направление подготовки: 200400 – Оптико-электронные методы и средства обработки видеоинформации
e-mail: Kirilltrif90@gmail.com

УДК 608

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРОГОВЫХ СООТНОШЕНИЙ СИСТЕМ БЛИЖНЕЙ ОПТИЧЕСКОЙ ЛОКАЦИИ С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СХЕМОЙ

К.В. Трифонов
Научный руководитель – д.т.н., профессор Е.Г. Лебедько

В современных реалиях проблема ближней оптической локации довольно существенна. Под ближней локацией будем понимать локации на дистанцию 5–20 м. К системам ближней локации относятся датчики препятствий, неконтактные оптические взрыватели, охранные системы.

В системах ближней оптической локации верному обнаружению сигнала препятствует множество помех, однако наибольшую опасность представляет помеха обратного рассеяния. Она может достигать значений, сопоставимых с величиной принимаемого сигнала, и на ее фоне простыми методами обеспечить правильное обнаружение не представляется возможным. Таким образом, создание систем ближней оптической локации, работающих в условиях воздействия помехи обратного рассеяния, остается актуальной проблемой.

В работе разрабатывается датчик препятствий с использованием дифференциальной схемы приема. Датчики препятствий применяются в

робототехнических системах для обнаружения препятствий при затрудненных условиях приема. К таким условиям относятся неидеальные метеорологические состояния атмосферы. Например, густая дымка, туман. Влияние помех обратного рассеяния возрастает при ухудшении метеорологических условий приема. Так при легкой дымке и небольшом тумане данная помеха не оказывает существенного влияния. Однако при более густом тумане или дымке игнорировать ее не представляется возможным.

В системах ближней оптической локации для подавления помехи обратного рассеяния невозможно использовать временную селекцию, а пространственная селекция лишь незначительно снижает уровень этой помехи. Использование дифференциальной схемы приема позволяет скомпенсировать среднее значение помехи обратного рассеяния. Однако влияние случайных составляющих этой помехи на условия обнаружения фактически неисследовано.

Таким образом, **цель** проводимых **исследований** заключалась в анализе пороговых соотношений систем ближней оптической локации при помехах обратного рассеяния и корректировке требований к мощности излучения разрабатываемого датчика препятствий, работающего в сложных метеоусловиях.

Для выполнения поставленных требований необходимо решить следующие задачи:

- провести обзор литературных источников и Интернета;
- провести анализ помехи обратного рассеяния;
- рассчитать импульсные характеристики и мощности помехи обратного рассеяния при различных входных данных системы;
- подобрать необходимые компоненты, такие как излучающий диод, фотодиод (ФД), оптические компоненты;
- провести энергетический расчет системы;
- провести расчет оптической системы;
- разработать структурную схему;
- разработать конструкцию системы;
- провести анализ пороговых соотношений в условиях помехи обратного рассеяния и скорректировать требования к мощности излучателя;
- обосновать экономическую эффективность проекта.

В результате работы был разработан датчик препятствий, использующий дифференциальную схему, что позволяет уменьшить базу между источником и приемником излучения. Это делает прибор менее габаритным по сравнению с приборами, работающими по принципу пространственной селекции без использования дифференциальной схемы приема. Разработанный датчик может применяться не только в узкой области робототехнических задач, но может также заменить парковочный радар, что облегчит парковку в затрудненных метеорологических условиях.

Был проведен обзор существующих датчиков препятствий, в результате чего были выявлены недостатки, которые в настоящей работе были уменьшены. К таким недостаткам относились существенно большее в сравнении с разрабатываемой системой потребление энергии и большая цена. Наиболее опасная помеха обратного рассеяния была компенсирована за счет использования дифференциальной схемы приема.

Был произведен расчет и анализ помехи обратного рассеяния. Было произведено моделирование импульсных характеристик и мощностей помех обратного рассеяния при различных входных данных системы. Для моделирования использовался математический пакет MATHCAD. Из полученных зависимостей можно сделать вывод о необходимости использования дифференциальной схемы.

Также был произведен энергетический расчет, в результате которого были получены следующие искомые значения: отношение сигнал/шум на входе приемно-усилительного тракта $\mu_1 = 11{,}97$, требуемый пороговый лучистый поток в оптико-электронной системе с ФД $\Phi_{\text{п}} = 1{,}231 \cdot 10^{-7}$ Вт, требуемый излучаемый поток $\Phi_{\text{из}} = 0{,}254$ Вт. Также были выбраны источник и приемник излучения, работающие в инфракрасной области спектра.

В качестве оптической системы принято решение использовать склейку с фокусным расстоянием $f' = 32{,}82$ мм, которая обеспечит требования к углу поля зрения $2\beta = 20°$.

Также была разработана структурная схема, описывающая принцип работы системы. В ее основе лежит принцип дифференциального приема.

На основании структурной схемы и энергетического расчета была разработана конструкция системы, состоящая из двух пар двух взаимозависящих блоков: блоков излучения, состоящих из излучающего диода SE5450-014 и интегральной платы, выполняющей необходимые логические операции; приемных блоков, выполненных на базе фотодиода S5107 и интегральной платы, выполняющей необходимые логические операции, а также разъема РС-4 для питания и вывода информации.

Был произведен анализ пороговых соотношений в условиях помех обратного рассеяния. В результате было установлено, что вследствие влияния дополнительных шумов, вызванных дробовым эффектом помехи обратного рассеяния, отношение сигнал/шум падает до значения 1,678. По этой причине необходимо увеличить полезный сигнал в 7,13 раза.

Научная новизна работы. Исследованы пороговые соотношения систем ближней оптической локации в условиях помехи обратного рассеяния при учете влияние случайных составляющих помехи обратного рассеяния.

Практическая значимость работы. Датчик препятствий, представленный в данной работе, может использоваться в робототехнических системах.

Литература

1. Новый тип чувствительных оптических датчиков упростит движение в тумане и в темное время суток [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vdsinfo.ru/index.php/nauka-i-tekhnika/591-novyj-tip-chuvstvitelnykh-opticheskikh-datchikov-uprostit-dvizhenie-v-tumane-i-v-temnoe-vremya-sutok, своб.
2. Новый радар, разработанный институтом Фраунгофера, может видеть сквозь препятствия, дым и туман [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.dailytechinfo.org/news/4687-novyy-radar-razrabotannyy-institutom-fraungofera-mozhet-videt-skvoz-prepyatstviya-dym-i-tuman.html, своб.
3. Лебедько Е.Г. Системы оптической локации. – Ч. 1: учеб. пособие для вузов. – СПб: НИУИТМО, 2011. – 119 с.
4. Лебедько Е.Г., Порфирьев Л.Ф., Хайтун Ф.И. Теория и расчет импульсных и цифровых оптико-электронных систем. – Л.: Машиностроение, 1984. – 191 с.
5. Пратт В.К. Лазерные системы связи / Пер. с англ. под ред. А.Г. Шереметьева. – М.: Связь, 1972. – 232 с.
6. Козинцев В.И., Белов М.Л., Орлов В.М. Основы импульсной и лазерной локации: учеб. пособие для вузов. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2006. – 512 с.
7. Курикша А.А. Квантовая оптика и оптическая локация (статистическая теория). – М.: Сов. радио, 1973. – 134 с.

8. Тихонов В. И. Статистическая радиотехника. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1982. – 624 с.
9. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. – М.: Радио и связь, 1989. – 656 с.
10. Аксененко М.Д., Бараночников М.Л. Приемники оптического излучения. Справочник. – М.: Радио и связь, 1987. – 296 с.
11. У. Волф, Г. Цисис. Справочник по инфракрасной технике. В 4-х тт. – Т. 1. Физика ИК-излучения / Пер. с англ. – М.: Мир, 1995. – 606 с.
12. Трифонов К.В. Потенциальная точность измерения дальности при пуассоновской статистике сигнала и шума. Сб. трудов молодых ученых / Под ред. проф. В.В. Коротаева. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 128 с.
13. Латыев С.М. Конструирование точных (оптических) приборов: учебное пособие. – СПб: Политехника, 2007. – 579 с.

Фатхуллина Дина Габбасона
Год рождения: 1990
Факультет фотоники и оптоинформатики,
кафедра компьютерной фотоники и видеоинформатики,
группа № 6352
Направление подготовки: 200700 – Компьютерная фотоника
e-mail: ldinka113@rambler.ru.ru

УДК 53.082.539; 535.343

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРАСИТЕЛЕЙ МЕТОДОМ СПЕКТРОСКОПИИ НАРУШЕННОГО ПОЛНОГО ВНУТРЕННЕГО ОТРАЖЕНИЯ

Д.Г. Фатхуллина
Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.В. Жукова

Исследование оптических свойств красителей необходимо для определения спектральных областей, пригодных для контроля качества разнообразных документов, выполняемых методами оптической когерентной томографии (ОКТ). Присутствие разнообразных надписей на поверхности бумаги может оказывать влияние на качество регистрируемой томограммы, поэтому необходимо знать характеристики исследуемого красителя [1, 2].

Исследование оптических постоянных многокомпонентных смесей – это измерение эффективного показателя преломления и эффективного показателя поглощения. Знания данных характеристик в широкой области спектра необходимо для задач моделирования, оценки физических явлений и процессов, которые происходят с участием красителей. Для решения данной задачи подходит метод спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО), который является чувствительным при регистрации спектров тонких слоев.

Целью работы было определение возможности исследования оптических свойств красителей методом спектроскопии НПВО с помощью усовершенствованной установки, включающей в себя камеру высокого разрешения в качестве приемника. Регистрацию спектров провести на примере красителей, таких как текстовыделители фирмы LinesPlus и образцы паст разных производителей, а также чернил.

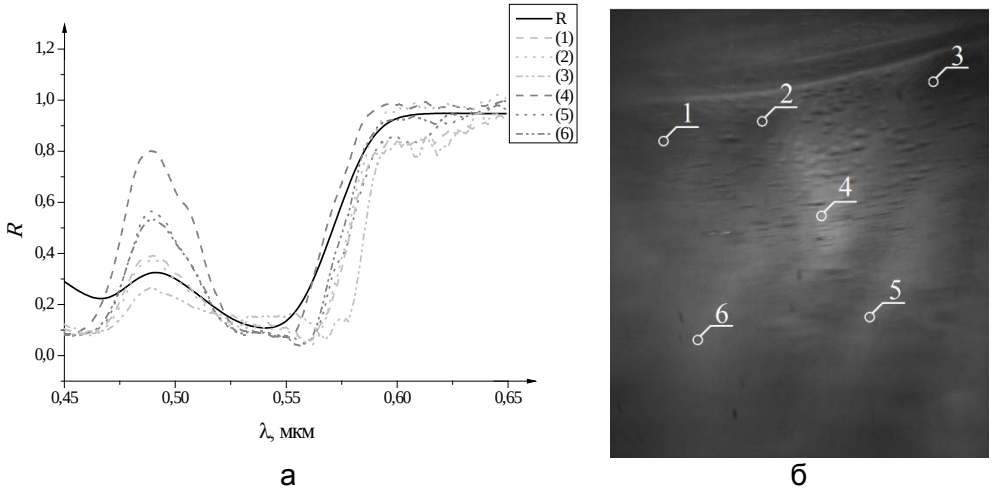
Актуальность исследований красителей в широкой области спектра связана с расширением областей применения ОКТ в изучении документов разного происхождения, установления фактов подделок, для датирования документов на бумажных носителях.

Новизна работы заключается в использовании при регистрации спектров НПВО видеокамеры высокого разрешения, которая позволяет одновременно регистрировать спектры НПВО на заданном диапазоне длин волн для каждой точки площади исследуемого слоя красителя.

В ходе работ по исследованию оптических свойств красителей методом спектроскопии НПВО были собраны: спектральный вычислительный комплекс на основе монохроматора МДР-204 (установка 1) [3]; новая оптическая установка, включающая в себя камеру высокого разрешения в качестве приемника излучения (установка 2). Установка 2 к измерению спектров НПВО позволяет получить не интегральные сведения об исследуемом веществе, а информацию об оптических постоянных красителя для каждого участка поверхности.

При помощи установки 2 производится запись вида поверхности чистого элемента НПВО и с нанесенным на него красителем. Далее для построения спектров НПВО необходимо производить деление двух изображений.

В ходе работы были проведены исследования оптических свойств различных групп красящих веществ с помощью собранных установок. Для определения зависимости вида спектра НПВО от определенной точки поверхности исследуемого вещества при построении спектров с помощью установки 2 было решено произвести построение спектров для нескольких участков, выбранных случайным образом. Спектры НПВО приведены на рис. 1, а, а месторасположение выбранных участков на поверхности призмы для установки 2 представлены на рис. 1, б.



а б

Рис. 1. Спектры НПВО красителя оранжевого текстовыделителя, полученные при регистрации с помощью: установки 1 (сплошная линия) и установки 2 для различных областей (пунктирные линии) (а); вид поверхности призмы с нанесенным красителем; цифрами указано месторасположение центров выбранных областей для установки 2 (б)

Представленный на рис. 1, а, график показывает, что в зависимости от выбранного пикселя характеристические полосы поглощения зарегистрированного спектра не изменяют своего положения, но при этом изменяется степень отражения, что зависит от толщины слоя красителя, приходящегося на данный участок. При исследовании различных веществ классическим методом спектроскопии НПВО регистрируется интегральная информация по всей площади. График, приведенный на рис. 1, а, показывает важное отличие в исследовании красителей методом НПВО с помощью установки, в которой в качестве приемника излучения выступает камера

высокого разрешения. Так как в этом случае появляется возможность определения оптических постоянных объекта исследования для каждой точки исследуемой площади.

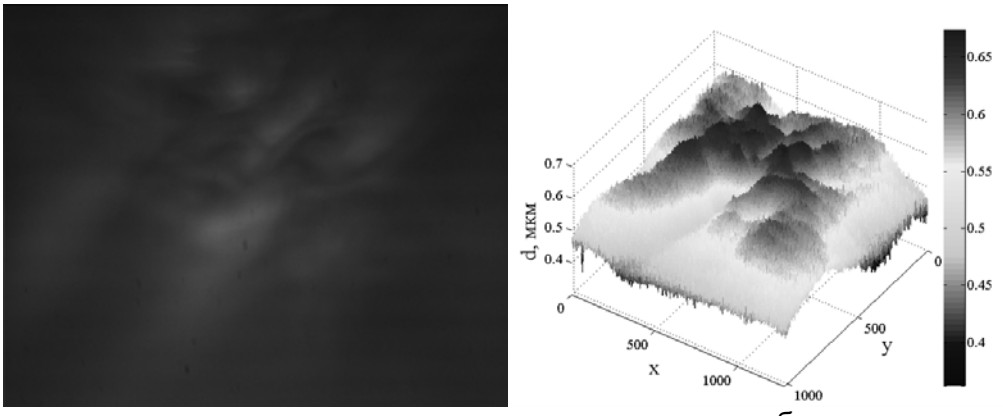
Далее в работе произведен расчет эффективного показателя поглощения и эффективного показателя преломления, которые необходимы для дальнейшей оценки толщины слоев исследуемых красителей.

Для расчета эффективной толщины слоя красителя была разработана вычислительная программа, выполняющая следующие этапы:

– загрузка на входе двух изображений: 1 – изображение поверхности чистой призмы; 2 – изображение поверхности призмы, с нанесенным красителем;
– задание длины волны, на которой были записаны загруженные ранее изображения и обозначение эффективного показателя поглощения;
– автоматическое выполнение попиксельного деления изображения 2 на изображение 1, для определения коэффициента отражения *R* каждой точки поверхности;
– расчет эффективной толщины слоя красителя.

Результат расчета выводится в виде двумерной матрицы, а в качестве наглядной иллюстрации строится трехмерная поверхность, соответствующая эффективной толщине слоя красителя для выбранной длины волны.

В ходе работы были произведены расчеты эффективной толщины слоя различных красителей, в качестве примера на рис. 2 приведены данные для зеленого текстовыделителя.



а б

Рис. 2. Вид поверхности призмы с нанесенным зеленым красителем текстовыделителя для длины волны λ = 582 нм (а); поверхность, соответствующая эффективной толщине слоя красителя (б)

Для расчетов был введен эффективный показатель поглощения æ=0,037, найденного для установки 2. Из рис. 2, а, видно, что краситель был нанесен неравномерно, это в полной мере отражается на иллюстрации эффективной толщины слоя красителя, представленной на рис. 2, б. Также приведено распределение толщин слоя красителя, которое показывает, что наибольший процент имеет интервал толщин в области 0,47–0,58 мкм. Минимальное и максимальное рассчитанные значения эффективной толщины слоя красителя равны 0,36 мкм и 0,67 мкм соответственно.

Исследование оптических свойств красителей необходимо для определения спектральных областей, пригодных для контроля качества разнообразных документов, выполняемых методами ОКТ. Присутствие разнообразных надписей на поверхности бумаги может оказывать влияние на качество регистрируемой томограммы, поэтому необходимо знать характеристики исследуемого красителя.

Анализ графиков зависимости эффективного показателя поглощения от длин волны для определенного красителя дает возможность оценить наиболее пригодную

область спектра для беспрепятственного проникновения зондирующего излучения в слой бумаги, исследуемой методом ОКТ. Была подтверждена возможность использования установки, включающей камеру высокого разрешения в качестве приемника излучения для исследования оптических свойств красящих веществ.

В ходе анализа была рассчитана эффективная толщина исследуемых слоев для каждого красителя. Эти данные подтверждают выполняемость условий модели тонкой пленки при измерении спектров НПВО.

При проведении измерений было выявлено, что для лучшего контакта элемента НПВО и исследуемого образца необходимо дождаться высыхания красителя на призме. В частности, была замечена кинетика высыхания красителя с течением времени, на основе данного явления были проведены исследования капиллярных эффектов при взаимодействии смеси жидкостей с пористым впитывающим материалом.

Объекты исследования были выбраны таким образом, чтобы можно было проверить влияние цвета красителя и его состава на регистрацию спектров НПВО. Получение сведения об областях сильного поглощения для красителей позволит идентифицировать присутствие данного типа записи на документах при измерении методом ОКТ, если выбор источника согласовать с данной областью. И наоборот, измерение томограмм в области минимального поглощения красителя зондирующим излучением позволит повысить чувствительность метода ОКТ в изучении структуры бумажного носителя.

Выполнение исследований красителей в широкой области спектра позволит определить спектральные диапазоны, в которых не происходит поглощения зондирующего излучения в тонком слое надписи на поверхности бумаги, что несомненно повысит чувствительность метода ОКТ для изучения структурных поверхностей слоя бумаги конкретных документов. Или наоборот, регистрация томограммы в условиях частичного поглощения зондирующего излучения позволит идентифицировать поглощение излучения конкретных красителей в надписи, подтвердив подлинность или факт подделки документа.

Литература

1. Гуров И.П., Жукова Е.В., Маргарянц Н.Б. Исследование внутренней микроструктуры материалов методом оптической когерентной микроскопии с перестраиваемой длиной волны // Научно-технический вестник ИТМО. – СПб: СПбГУ ИТМО. – 2012. – № 3(79). – С. 40–44.
2. Нагибина И.М., Москалев В.А. Прикладная физическая оптика. – М.: Высшая школа, 2002. – 565 с.
3. Fatkhullina D., Zhukova E. Study of ink optical properties by atr spectroscopy // Proceedings of the OSAV’12 (volume of the AIP Conference). – AIP Conf. Proc. 1537. – 2013. – P. 205–211.

Филатов Алексей Борисович
Год рождения: 1986
Факультет оптико-информационных систем и технологий, кафедра компьютеризации и проектирования оптических приборов, группа № 6321
Направление подготовки: 200400 – Проектирование и метрология оптико-электронных приборов специального назначения
e-mail: a3atot@mail.ru

УДК 681.7.055.24+681.7.065

ЮСТИРОВКА ЗЕРКАЛЬНО-ПРИЗМЕННЫХ СИСТЕМ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ ТРАЕКТОРИИ ТОЧКИ

А.Б. Филатов
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.П. Смирнов

В работе производится исследование свойств изображения точечного объекта и на основе их возможностей юстировки при выставлении оси вращения вдоль оптической оси призм прямого видения по траектории изображения. Исследуются основные погрешности призмы и их влияние на качество изображения.

Целью работы было моделирование зеркально-призменных систем (ЗПС), в частности – призм прямого видения, для последующей юстировки оси вращения относительно визирной оси по траектории изображения точки с возможной автоматизацией этого процесса. При моделировании задавались основные характеристики призм прямого видения – диаметр апертурной диафрагмы, коэффициент преломления стекла, расстояние до объекта, а также основные погрешности призмы – коллимационная погрешность, пирамидальность, наклон оси вращения призмы к ее визирной оси, и для составных призм – скручивание их относительно друг друга.

ЗПС работают в параллельных и сходящихся пучках. Центральный луч пучка называется главным лучом. Сечение части ЗПС, рабочие грани которой компланарны, направленное перпендикулярно его граням, называется главным сечением. В общем случае рабочие грани ЗПС имеют пространственное положение, вследствие чего главные сечения расположены в различных плоскостях. ЗПС с ходом главного луча в N-плоскостях назовем N-плоскостной.

ЗПС помещена в декартовую систему координат (рис. 1).

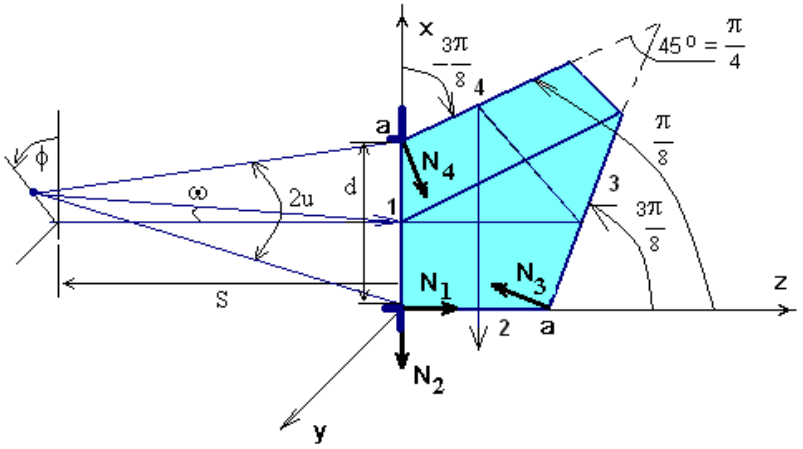


Рис. 1. Призма БкП-90

Падающий пучок лучей распространяется вдоль оси аппликат от точки предмета с аппликатой *S*, быть может из «машинной» бесконечности, под заданным полевым

углом ω и азимутальным углом φ к входной апертурной диафрагме, расположенной в плоскости $z = 0$. Апертурная диафрагма с диаметром d в частном случае может лежать на первой грани ЗПС. Если задан апертурный угол u, то расстояние до плоскости предмета вычисляется по формуле:

$$S = \frac{d}{2 \cdot \mathrm{tg}(u)}. \quad (1)$$

Задание материала призмы и спектрального диапазона падающего излучения завершает список данных, необходимых для первичного анализа одноплоскостной ЗПС. В результате анализа предполагается получить характеристики изображения и сводку влияния первичных погрешностей граней и подвижек всей системы.

Если плоскость главного сечения последующей части ЗПС не лежит в плоскости *OXZ*, то необходимо указать ось и угол поворота системы координат вокруг этой оси, приводящий плоскость главного сечения в плоскость рисунка и задать положение граней и ребер таким же способом, как описано выше. Знак угла поворота определяется известным правилом «буравчика»: движение буравчика вдоль направления орта оси соответствует положительному повороту его рукоятки.

Юстировка призмы Дове. Этапы юстировки:

1. предварительно необходимо в отсутствии призмы на матричном приемнике запомнить положение центра тяжести падающего пучка, который принимается на начало отсчета;
2. поворачивая призму вокруг оси вращения, строим кривую (X, Y) на приемнике, соединенном с вычислительной машиной;
3. вычисляем сумму $S = \sum(X + Y)$;
4. следим за изменением S при повороте призмы вокруг вертикальной оси OX и находим положение, при котором сумма S будет минимальной;
5. следим за изменением S при повороте призмы вокруг горизонтальной оси OY и находим положение, при котором сумма S будет минимальной;
6. повторяя пункты 4 и 5, убеждаемся, что находимся в стационарной области, когда не происходит изменения суммы S, или достигаем требуемого результата юстировки;
7. при юстировке по пунктам 1–6 призма может оказаться в ситуации, когда ось визирования не параллельна оси вращения призмы. Воздействуя на коллиматор, создающий падающий пучок, добиваемся минимизации радиуса окружности траектории движения изображения. Погрешности угла визирования и технологические погрешности призмы при отъюстированной оси вращения призмы, проявляются одинаковым образом. Траектория движения изображения при таких погрешностях описывает круг. Диаметр этого круга зависит от остаточных погрешностей и его можно численно оценить.

В работе показано, что построение процедуры юстировки призмы Дове с пренебрежением реальных угловых погрешностей расположения граней неэффективно. Наклон оси вращения призмы к оси самой призмы приводит к трансформации круговой орбиты движения изображения точки в улитку Паскаля. Наклон оси визирования отъюстированной призмы влияет только на величину радиуса траектории. Проведена также оценка величины угловой аберрации в изображении точки с учетом и без первичных угловых погрешностей призмы.

Процесс юстировки. Лазерный луч (рис. 2) падает на переднюю поверхность вращающейся на 360º призмы Дове, проходит ее и попадает на ПЗС-камеру, где рисуется изображение (круг, улитка Паскаля, конхоида).

ПЗС-камера подключена к компьютеру, который обрабатывает полученное изображение, и если процесс автоматизирован:

– механизм перемещения автоматически перемещает призму Дове для уменьшения диаметра полученного изображения (круг, улитка Паскаля) и расстояния, на которое смещается точка вдоль радиус-вектора;
– если процесс не автоматизирован, то изображение проецируется на экран и оператор сам, управляя механизмом перемещения, выставляет призму, чтобы выходное изображение соответствовало заданному пределу.

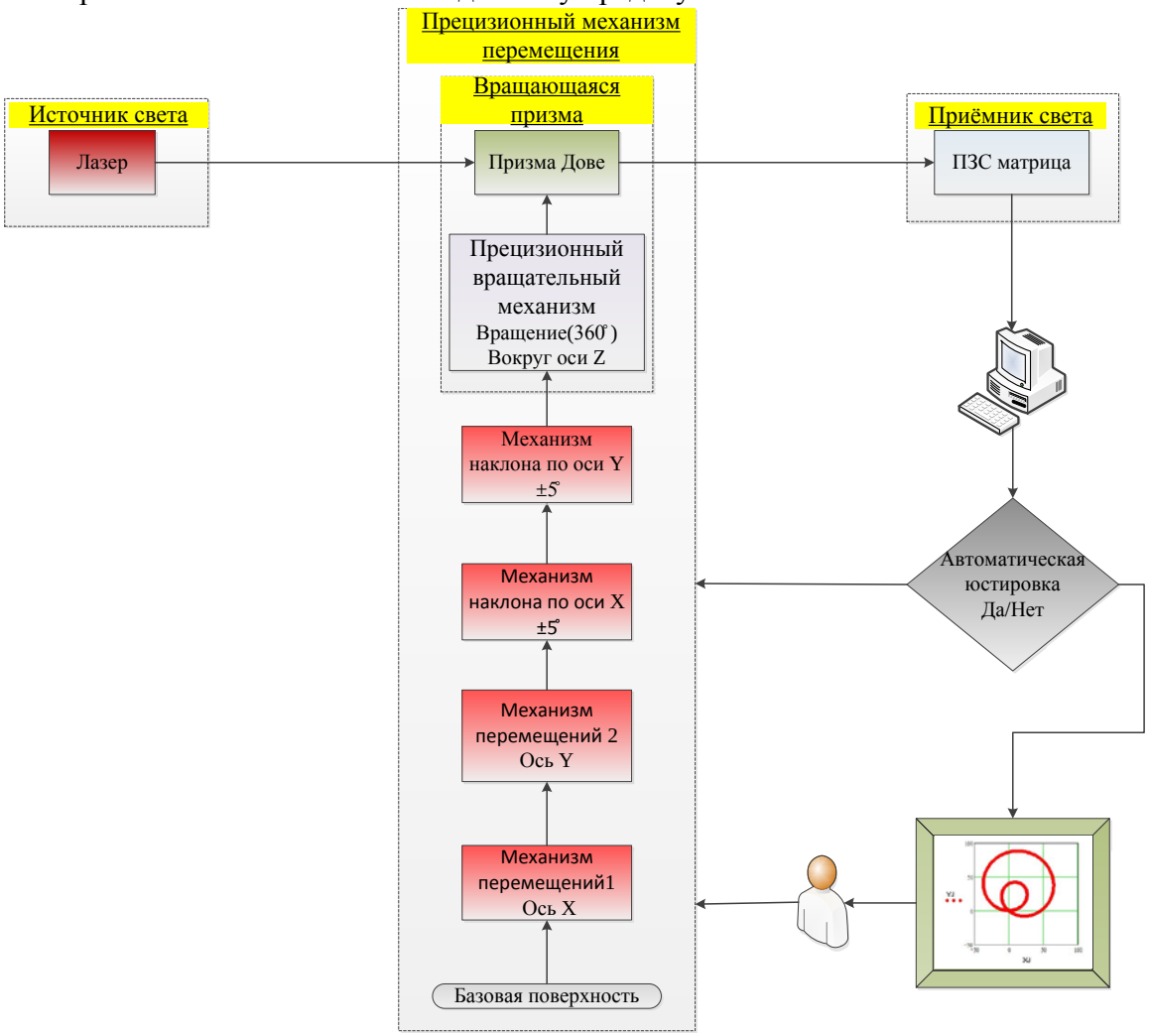


Рис. 2. Функциональная схема юстировки призмы Дове

Литература

1. Вычислительная оптика. Справочник / Под ред. Русинова М.М. – Л.: Машиностроение, 1984. – 423 с. – С. 309–310.
2. Бурбаев А.М., Егоров А.П., Смирнов А.П., Оценка клиновидности развертки отражательной призмы // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2006. – Вып. 34. – С. 174–178.
3. Смирнов А.П. Компьютерное моделирование измерительных процессов. Практикум в среде MathCAD на примерах из механики и оптики. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 100 с.
4. Бурбаев А.М., Латыев С.М., Тезка Р. Анализ погрешностей расположения вращаемых призм прямого видения и методика их юстировки // Приборостроение. – 2007. – Т. 50. – № 4. – С. 14–20.

5. Смирнов А.С., Филатов А.Б. Моделирование функциональных устройств оптических приборов. – Ч. 2. Зеркально-призменные устройства. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 48 с.

Филатов Владислав Игоревич
Год рождения: 1989
Факультет фотоники и оптоинформатики,
кафедра компьютерной фотоники и видеоинформатики,
группа № 6352
Направление подготовки: 200700 – Компьютерная фотоника
e-mail: sigal89@mail.ru

УДК 004.853

РАЗРАБОТКА МЕТОДИК И АЛГОРИТМОВ ОБУЧЕНИЯ ВИЗУАЛЬНЫМ ПОНЯТИЯМ НА ОСНОВЕ ПРИЗНАКОВОГО АНАЛИЗА И СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В.И. Филатов
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.С. Потапов

В работе рассматривается задача обучения понятиям (взаимного описания визуальных сцен и их лексических единиц) в системах искусственного интеллекта. В этих целях разрабатывается и исследуется компьютерная система, названная автором «АЛССИИ» (автоматизированная лексико-семантическая система искусственного интеллекта). Актуальность данных исследований обусловлена необходимостью создания обучаемых систем понимания изображения, способствующих повышению автономности (когнитивных) робототехнических систем.

Основная **цель работы** заключалась в разработке методик и алгоритмов обучения визуальным понятиям на основе признакового анализа и сегментации изображений. В процессе проектирования структуры системы и обзора литературы по научной тематике были выделены следующие задачи:

- сегментация изображений, содержащих объекты сцены;
- признаковое описание визуальных образов и выделение их кластеров;
- оценка связи образов разных модальностей (визуальной и текстовой).

Обоснованность выбранного подхода. Одни из первых систем искусственного интеллекта строились в форме экспертных систем [1], не включающих способность к обучению. Дальнейшее развитие этой области привело к появлению систем на основе классификаторов.

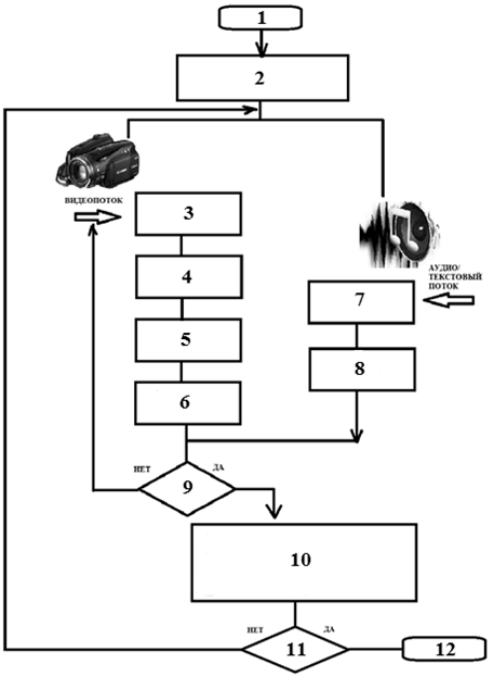
Оба этих подхода обладают ощутимыми недостатками, что вызывает необходимость появления новых подходов к созданию обучаемых систем искусственного интеллекта. Задачу обучения автоматизированных систем роботов можно рассматривать в рамках изучения процессов восприятия новых знаний биологическими особями. Одним из стимулов к созданию АЛССИИ является компьютерная модель CELL (Cross-Channel Early Lexical Learning) [2], разработанная в лаборатории Массачусетского технологического института с целью моделирования аппарата восприятия ребенка, начиная с рождения, информации о внешнем мире, способности восприятия знаний. Помимо применения АЛССИИ в качестве системы, обладающей возможностью построения лексико-семантических связей между

лингвистическим каналом и семантическим, перед ней также ставится задача преодолеть недостатки и ограничения системы CELL, выражающиеся, в первую очередь, в малой приспособленности к интерпретации изображений естественных сцен, формулирующейся в следующих аспектах:

– неприспособленность к работе на быстрых динамических сценах;
– потеря информации за счет использования недостаточно детальных признаков (форма и цвет объектов).

Описание АЛССИИ. Структура системы включает четыре основных модуля: модуль сегментации (предварительный и основной); модуль формирования текстовых лексем; модуль формирования классов визуальных соответствий (для отдельных кадров и для отдельных визуальных событий); модуль оценки максимизации взаимной информации, – и отражена в виде схемы на рис. 1.

Данные в систему поступают при помощи двух каналов информации: лингвистического (аудио или текст) и семантического (видео). В семантическом канале выполняется выделение объектов сцены (в рамках системы интерес представляют движущиеся объекты), поиск ключевых точек и построение их дескрипторов. В лингвистическом канале выполняется построение лексем. После формирования лексем осуществляется накопление базы данных путем считывания новых тестовых и видео данных. После предъявления системе объектов обучения выполняется построение матрицы взаимной информации и последующее формирование таблицы лексико-семантических соответствий, которая в дальнейшем формирует базу данных.



Обозначения:
1. Исходная база данных.
2. Поступление в систему новых данных по видео и аудио каналам.
3. Построение ключевых точек.
4. Отсечение точек, не удовлетворяющих условиям оптического потока.
5. Построение дескрипторов ключевых точек.
6. Добавление данных к существующему/новому классу.
7. Анализ частоты встречаемости символов и формирование лексем.
8. Пороговое отсечение лексем.
9. Условие: Достаточно ли данных?
10. Построение кластеров визуальных характеристик. Подсчет вероятностей появления аудиальных и визуальных лексем. Подсчет совместных вероятностей. Построение матрицы взаимной информации. Поиск максимумов. Формирование таблицы лексико-семантических соответствий.
11. Условие: завершить вычисления?
12. Сформированная база данных.

Рис. 1. Схема формирования классов визуальных описаний разработанной системой АЛССИИ

Модуль сегментации. Под сегментацией понимается процесс автоматического разделения сцены на объекты переднего и заднего плана. Основным объектом исследования являются движущиеся объекты (так как обучение производится путем анализа видеопоследовательностей). В качестве алгоритма сегментации был выбран алгоритм оптического потока Гунера–Фернебаха (выбор обоснован реализацией и исследованием нескольких алгоритмов сегментации [3]), построение дескрипторов ключевых точек производилось при помощи детектора ключевых точек SURF. Результаты, полученные с помощью модуля сегментации, отображены на рис. 2.

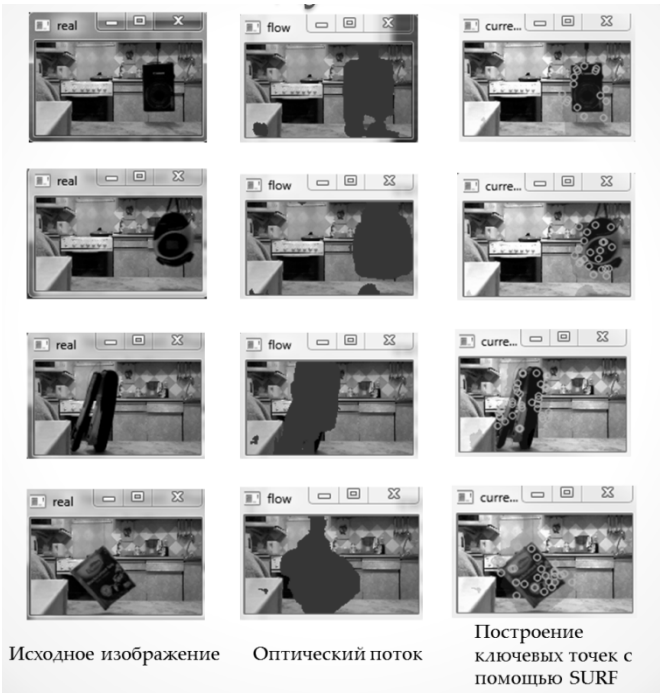


Рис. 2. Результат работы модуля сегментации

Модуль формирования аудиальных (текстовых) лексем. Модуль основывается на построении отдельных лексем лингвистического канала. Так как речь, обращенная к младенцу, в основном избыточна, то лексемы определяются как наибольшие часто повторяющиеся подстроки.

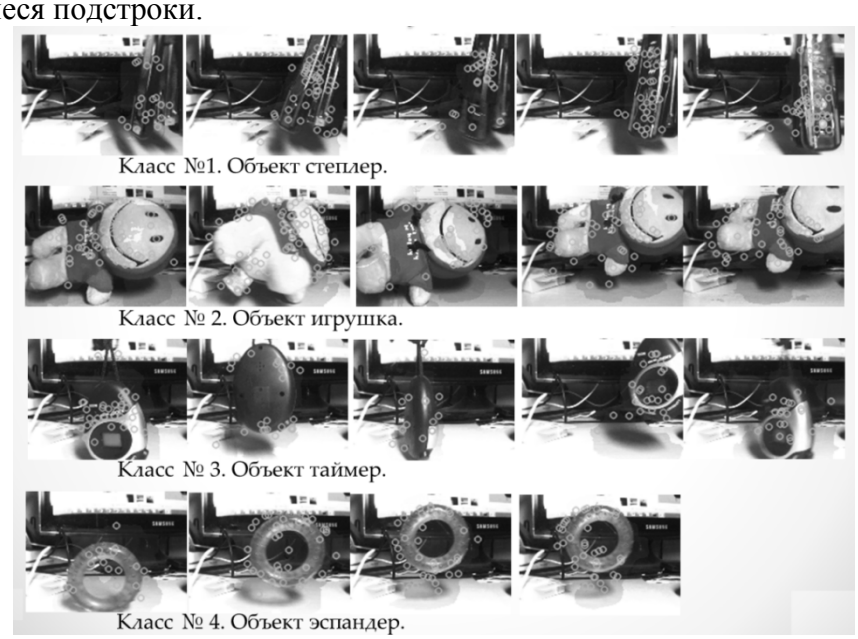


Рис. 3. Результат сформированных классов

Модуль формирования классов визуальных соответствий. Модуль формирования классов также был разработан на основе двух подходов: первоначально данные добавлялись как отдельные объекты, впоследствии отдельные объекты были заменены на отдельные визуальные события, где под событием понимается набор признаков в заданном интервале времени. Разделение на отдельные визуальные события осуществляется путем анализа изменений в оптическом потоке. Результат формирования серии классов визуальных событий представлен на рис. 3.

Модуль оценки максимизации взаимной информации. На первом шаге дескрипторы ключевых точек всех классов разделяются на n кластеров методом k-средних. Идея построения пар лексико-семантических соответствий берет начало из того факта, что речь, обращенная к маленькому ребенку, представляет мгновенный контекст, поэтому важно выделить пары одновременно встречающихся аудиальных и визуальных кластеров.

Для этой цели строится матрица взаимной информации, где в качестве столбцов и строк используются аудиальные лексемы и кластеры визуальных характеристик. По количеству взаимной информации формула (1) можно установить принадлежность аудиальных лексем кластерам (табл. 1).

$$I(X;Y) = \sum_i \sum_j p(i,j) \log_2 \left(\frac{p(i,j)}{p(i)p(j)} \right), \quad (1)$$

где $p(i)$ и $p(j)$ – вероятности появления текстовых лексем и визуальных кластеров; $p(i, j)$ – совместная вероятность; $I(X; Y)$ – количество взаимной информации.

Таблица 1. Таблица лексико-семантических соответствий

№	$p(i)$	$p(j)$	$p(i, j)$	$I(X; Y)$	Лексема	Кластер
0	0,071429	0,003404	0,002713	0,009441	timer	234
1	0,142857	0,002426	0,002137	0,005606	toy	668
2	0,142857	0,002100	0,001933	0,005195	toy	597
3	0,071429	0,001449	0,001323	0,004862	timer	53
149	0,214286	0,001159	0,00916	0,001724	comb	1105
183	0,142857	0,000068	0,000610	0,001608	stepler	431

Оценка корректности обучения. Оценка корректности установления общих признаков и объединения объектов классов производилась при помощи дополнительного модуля. Результаты обучения представлены в табл. 2, где числа означают количество общих признаков отдельной текстовой лексемы (полученной с помощью модуля формирования лексем) с визуальными кластерами предъявляемых объектов.

Таблица 2. Оценка корректности обучения

Лексема	Степлер	Расческа	Фотоаппарат	Игрушка	Таймер	Другая игрушка (не обуч.)	Пульт (не обучалась)	Расческа (другой образец)
Comb	335	2473	393	336	212	357	936	1628
Jpen	112	116	20	163	23	167	125	202
Pen	190	118	19	252	51	260	179	254
Photoapp	516	714	1624	414	273	231	547	504
Stepler	1859	1279	921	529	481	435	1552	1076
Tea	397	487	148	486	163	371	813	592
Timer	752	878	625	702	560	370	735	741
Toy	635	756	411	2388	279	1097	1001	1062

Заключение. Как показали эксперименты, разработанная система обладает возможность автоматического обучения, причем процент верных сопоставлений составляет более 90%. Предпочтительные размеры кластеров не превышают в среднем 20–30 точек. Система обладает высокой вероятностью корректного распознавания и возможностью работы с объектами, которые ей не предъявлялись.

Литература

1. Jackson P. Introduction to Expert Systems. – Williams, 2001. – 624 p.
2. Roy D., Petland A. Learning words from sights and sounds: a computational model. // Cognitive Science. – 2002. – V. 26. – P. 113–146.
3. Филатов В.И. Автоматизированная лексико-семантическая система обучения понятиям // Научные работы участников конкурса «Молодые ученые НИУ ИТМО». – 2013. – С. 261–267.

Хохрина Александра Дмитриевна
Год рождения: 1990
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра информационных систем, группа № 6521
Направление подготовки: 080500 – Информационные системы в управлении бизнес-процессами
e-mail: sasha-xo@bk.ru

УДК 37:006.015.5+004

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ВУЗА

А.Д. Хохрина
(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики)
Научный руководитель – к.т.н., доцент Ю.М. Мадорская
(Санкт-Петербургский государственный политехнический университет)

Вуз может рассматриваться как организация, предоставляющая услуги. Как и любая другая организация, он должен создать и поддерживать систему взаимосвязанных регламентов, определяющих процессы управления качеством предоставляемых услуг, которую принято называть системой менеджмента качества (СМК) [1]. Практика показывает, что используемая в настоящее время документно-ориентированная технология разработки и сопровождения СМК не позволяет эффективно проводить анализ и управлять изменениями, особенно для СМК вуза, сложность управления которой связана с наличием большого количества сторон, определяющих требования к системе образования [2]. Постоянные изменения при отсутствии специальных средств контроля ошибок регламентов СМК приводят к тому, что содержание регламентов начинает значительно отставать от реальности, появляются ошибки, порождающие конфликты в организации [3]. Ошибки, зафиксированные в регламентах, затем воспроизводятся в каждом цикле процессов вуза, что снижает как общую эффективность деятельности, так и качество образования. При этом использование систем электронного документооборота не решает проблем, так как единицей управления в таких системах остается сам документ, а не его

содержание [3]. Данная проблема хорошо известна и решается в других областях формализацией предметной области и использованием баз данных [1], однако для СМК вуза подобного решения, позволяющего контролировать ошибки системы при внесении в нее изменений и генерировать соответствующую документацию на основе построенной модели, еще не найдено.

В связи с этим основной **целью работы** была разработка метода оценки изменений СМК вуза на базе модель-ориентированного подхода, который позволил бы сократить объем ошибок в регламентах СМК, автоматизировать рутинные операции процесса управления изменениями, снизить трудозатраты на поддержание актуальности и работоспособности регламентов и, как следствие, повысить согласованность всех процессов вуза и качество предоставляемых услуг [3].

Для достижения поставленной цели метод оценки изменений должен включать три компонента:

1. информационную модель СМК вуза, которая необходима для перехода к использованию баз данных и обеспечения автоматического и автоматизированного контроля ошибок, а также для автоматизации процесса оценки распространения изменений;
2. правила контроля ошибок информационной модели;
3. правила оценки распространения изменений.

Для решения поставленной цели на первом этапе был проведен анализ предметной области, на основе которого были сформированы требования к решению, включающие требования к формализации описания СМК вуза, а также требования к технологии реализации метода.

В соответствии со сформированными требованиями был проведен обзор современных методов управления изменениями процессов и СМК, а также моделей трассировки для программно-технических систем, по результатам которого в качестве основы формализации была выбрана методология ESGRAIN, как наиболее соответствующая требованиям и содержащая все три компонента формализации. Помимо этого выбранную методологию отличает простота и независимость от предметной области.

Для разработки метода оценки изменений СМК вуза необходимо было расширить базовый метод (ESGRAIN) за счет наполнения его элементами исследуемой предметной области. В ходе создания первого компонента метода – предметно-ориентированной информационной модели СМК вуза – были произведены анализ и обобщение документов СМК верхнего уровня разных вузов. Для обеспечения общности полученных результатов, в связи со сложностью формализации слабоструктурированных описаний, содержащихся в документах данного типа, был выбран один типовой регламент, адаптируемый большинством вузов, и две его максимально отличающиеся реализации.

Для сокращения трудоемкости формализации регламентов СМК вуза была разработана автоматизированная технология построения референсных моделей в инструментальной среде Cradle (разработка британской компании 3SL). Разработанная технология позволяет сократить трудозатраты обработки документов до 10 раз за счет автоматизации рутинных операций по управлению связями, что было подтверждено сравнительным экспериментом.

Информационная модель СМК, полученная в результате обобщения с использованием разработанной технологии, включает элементы трех уровней:

1. ядро составляют элементы, которые содержатся в ISO 9001 и являются общими для любой организации;

2. малую общую модель составляют элементы, которые присутствовали во всех анализировавшихся руководствах по качеству;
3. расширенную общую модель составляют элементы, не зависящие от специфики вуза, но присутствующие не во всех документах в связи с различиями в подходах к документированию СМК.

На основе полученной модели оценки изменений СМК вуза были разработаны правила контроля ошибок модели и правила оценки распространения изменений.

Для определения возможности реализации разработанного метода на практике на основе сформированных требований к технологии был проведен обзор инструментария, который показал, что на сегодня наиболее гибкой и доступной системой, позволяющей реализовать предъявляемые к технологии требования, является система управления требованиями Cradle.

Для разработки технологической модели реализации решения базовая схема реализации метода была расширена для СМК соответствующими атрибутами элементов и типов связей (рисунок).

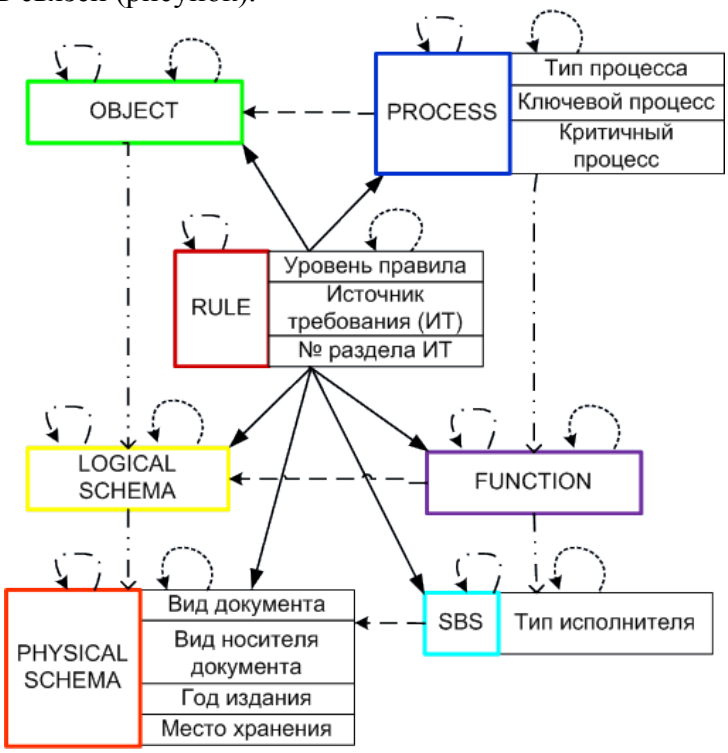


Рисунок. Схема реализации метода оценки изменений СМК вуза в инструментальной среде Cradle

Также были разработаны представления и запросы, позволяющие сократить трудоемкость выявления ошибок СМК вуза, которые не могут быть проконтролированы автоматически, и трудоемкость оценки распространения изменений.

Логическим завершением разработки технологической модели реализации решения стала настройка системы для автоматического формирования документации на основе полученной информационной модели. Для этого был разработан шаблон руководства по качеству и проведена тестовая генерация документа.

Таким образом, в рамках работы был разработан метод оценки изменений СМК вуза, основанный на методологии ESGRAIN, который позволяет:

– повысить качество регламентов СМК, на основе которых проводится оценка изменений, за счет сокращения ошибок;

- упростить оценку изменений СМК за счет обеспечения удобного хранения связей между элементами;
- предоставить новые пути анализа процессов вуза, зафиксированных в СМК, в различных срезах;
- упростить проведение внутреннего и внешнего аудита и самооценки вуза;
- упростить процедуру доведения изменений до персонала и его обучения.

Практическая значимость решения заключается в разработке технологической модели реализации метода в инструментальной среде Cradle, сокращающей время и трудозатраты на переход к модель-ориентированной технологии.

В дальнейшем планируется провести расширение разработанного метода, охватив следующий уровень документации СМК.

Литература

1. Мадорская Ю.М., Хохрина А.Д. Проблемы управления изменениями системы менеджмента качества организации (на примере вуза). – 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://edu.reqcenter.pro/?p=3289, своб.
2. Покровский А.П. Опыт создания СМК в различных отраслях деятельности: институциональные организации – органы местного самоуправления, ВУЗы, ТПП и др. – 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.iso9001.su/experience/municipal, своб. – Загл. с экрана.
3. Мадорская Ю.М., Хохрина А.Д. Требования к технологии управления изменениями регламентов госуслуг на примере системы менеджмента качества вуза. – 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://edu.reqcenter.pro/?p=4019, своб.
4. Мадорская Ю.М. Метод оценки сложности модификации программного обеспечения АСУП: дисс. … канд. техн. наук. СПб: СПбГПУ, 2011. – 205 с. – С. 138–148.

Чан Ван Тан
Год рождения: 1987
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра оптико-электронных приборов и систем, группа № 6311
Направление подготовки: 200400 – Оптико-электронные методы и средства обработки видеоинформации
e-mail: tranvantan87@gmail.com

УДК 681.786

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТА

Чан Ван Тан
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Краснящих

В настоящее время все больше распространяется использование компьютерных моделей для визуализации и создания объектов. Построение трехмерных моделей объекта вручную сопряжено с большими затратами, а применение специальной аппаратуры для сканирования трехмерных объектов не всегда возможно, так как глубина сканирования такими устройствами ограничена. Существует большое количество различных алгоритмов и подходов к задаче построения трехмерных

моделей объекта по набору цифровых изображений. Эти подходы требуют различных исходных данных, базируются на разных физических принципах и математических методах.

С использованием нестереоскопических приборов (сканирующая микроскопия, оптическая микроскопия) можно получить только «плоские» изображения объекта, такие приборы не позволяют оценить глубину (рельеф) и форму объекта с достаточной точностью.

В настоящей работе приводится метод получения трехмерной модели объекта по стереоизображению. Объект регистрируются стереоскопической системой, а также предлагаются модификации алгоритмов, используемых на различных этапах решения задачи построения. Такой способ получения трехмерной модели объекта не накладывает ограничений на размеры объекта.

Алгоритм построения трехмерной модели объекта по стереоизображению представлен в виде следующих шагов.

1. Калибровка стереоскопической системы (найти внутренние параметры камеры).
2. Определение сопряженных точек на стереоизображении.
3. Выполнение выпрямления стереоизображения.
4. Построение плотной карты диспаратности.
5. Произведение тригуляции.

В качестве исходных данных используются изображения объекта, которые регистрируются стереоскопической системой. Дальнейшая обработка осуществляется с использованием пакета программ MATLAB. В результате обработки исходных данных формируется трехмерная модель объекта в действительном масштабе.

Также проводится исследование зависимость погрешности определения глубины объекта. В результате получается три графика зависимости погрешности определения глубины объекта от влияющих факторов (от разрешающей способности телевизионного датчика (ТВД), от дистанции до объекта, от базы стереосистемы). Проведен анализ зависимости погрешности определения глубины объекта, на основании которого можно определить наилучшее расположение регистрирующих камер относительно сцены, а также задать расстояние между камерами и произвести выбор разрешающей способности приемников.

На основе результата данной работы применен алгоритм расположения датчиков для многоканальной оптико-электронной системы управления транспортом.

Литература

1. Гребенщиков К.Д., Грузман И.С., Курилин И.В. Цифровая обработка изображений в информационных системах: учеб.-метод. пособие. – Новосибирск: НГТУ, 2002. – 32 с.
2. Bouguet JY. Camera Calibration Toolbox for Matlab. Computational Vision at the California Institute of Technology [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/, своб.
3. Жук Д.В., Тузиков А.В. Реконструкция трехмерной модели по двум цифровым изображениям // Информатика. – 2006. – № 1. – С. 16–26.
4. Лукьяница А.А. Эффективный алгоритм восстановления промежуточных ракурсов по стереопаре [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://masters.donntu.edu.ua/2007/fvti/voronoy/library/article8.htm, своб.
5. Matlab R2012a [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://softtorrent.ru/windows-soft-torrent/4000-matlab-r2012a.html, своб.

Шапиро Анна Владимировна
Год рождения: 1985
Институт холода и биотехнологий, факультет экономики и экологического менеджмента, кафедра экономики и финансов, группа №и5УРБ
Направление: Менеджмент
e-mail: annashapiro@rambler.ru

УДК 009

МАРКЕТИНГОВЫЕ АСПЕКТЫ ИВЕНТ-БИЗНЕСА

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

Актуальность темы работы состоит в изучении практик деловых мероприятий, которые составляют сегодня одну из новых сторон современных коммуникаций и сфер развития российского бизнеса. Чем более значительным игроком на рынке стремится быть современная компания или фирма, тем значительнее должна быть ее коммуникационная деятельность по установлению прямого контакта с представителями целевых аудиторий, тем разнообразнее и ярче становятся деловые мероприятия, прочно занявшие одну из лидирующих позиций в развитии маркетинговой деятельности.

Гуманизация социальных коммуникаций актуализировала проблемы коммуникативного профессионализма в межличностных, межгрупповых и деловых контактах. Удачные деловые мероприятия потребовали определенных, весьма специфичных профессиональных компетенций от их организаторов: умений по выработке целей и содержания мероприятия, привлечения необходимых партнеров и исполнителей, финансовой, материально-технической обеспеченности, т.е. весьма значительного перераспределения экономических ресурсов, специфического менеджмента и маркетинга, что позволяет говорить об особой сфере бизнеса, получившем название «ивент». Ивент-бизнес, в котором конкурируют компании или агентства, предлагающие профессиональные услуги по проведению специальных мероприятий как новая сфера бизнеса, преимущественно развивающая в крупных городах, нуждается в изучении для правильного понимания тенденций ее развития, оценки роли и значения каналов распределении и перераспределении ресурсов современной экономики.

Анализ состояния исследования согласно отечественной и мировой литературе показал, что к настоящему времени литература по ивент-практикам вообще и по ивент-маркетингу, в частности, представлена различными источниками, включая газеты, журналы и книги, в которых содержатся большие массивы описания многообразных практик ивент-маркетинга, и малое количество литературы, включающую аналитику практик маркетинга ивент-бизнеса. К числу последних можно отнести работы таких авторов как Дж. Голдблатт, М. Сондер, У. Хальцбаур, Э. Йеттингер, Б. Кнаусе, Р. Мозер, М. Целлер.

Близки по ряду моментов к тематике ивент-бизнеса работы по кросс-культурному менеджменту, гостиничному бизнесу, экономики туризма.

Среди отечественных авторов, пишущих по проблемам ивента можно выделить работы А.В. Шумовича, Г.Л. Тульчинского, С.В. Герасимова, Т.Е. Лохиной, но это

работы либо практиков, либо философов, культурологов, из среды экономистов можно выделить В.Э. Гордина, М.В. Матецкую, Л.В. Хореву.

Теоретической и методологической основой работы послужили работы по маркетингу и соответственно авторы – классики, такие как Ф. Котлер, М. Портер, Дж. Дэй, А.А. Томпсон; по проектам – Ф. Бэгьюли, Г.Л. Ципес, А.С. Товб, Де Карло Д.; по инновациям – Дж. Барлоу, П. Стюарт, П. Друкер, К.К. Прахалад, С. Кришман, а также экономики впечатлений – Дж. Пайн, Дж. Гилмор, Р. Йенсен; креативной экономике – Дж. Хокинс и др.

Информационной базой служит статьи в периодических изданиях, экспертное мнение профессиональных организаторов ивент-мероприятий и личный опыт. Так помощь в разработке данной темы была оказана Российско-Британской Торговой Палатой, во главе с ее директором Крисом Гилбертом и ивент-менеджером М.Г. Волошиновой.

Объектом исследования в данной работе является практика ивент-маркетинга, рассматриваемая как сфера деятельности, приносящая прибыль, т.е. бизнес.

Предметом исследования, в свою очередь, является процесс организации ивент-мероприятий. Более подробно в работе будут рассмотрены деловые мероприятия, как наиболее растущее на сегодняшний день и перспективное направление ивент-маркетинга.

Цель работы состояла в выделении базовых теоретических трактовок ивент-маркетинга для формулирования его основных характеристик и особенностей в современном сегменте бизнеса новой индустриализации.

Структурно работа состоит из трех глав: первая – призвана осветить состояние теоретических исследований в области ивент-маркетинга, вторая – рассмотреть основные характеристики и особенности ивент-маркетинга, а третья – критический анализ практик и формулирование рекомендаций для успешного мероприятия.

К элементам научной ценности работы можно отнести следующее.

1. Выделение четырех теоретических подходов, которые имеют место в современной литературе:
   - ивент-маркетинг как инвестиционный «проект»;
   - ивент-маркетинг – вид услуги;
   - ивент-маркетинг – одна из составляющих экономики впечатлений;
   - ивент-маркетинг – сфера новой индустрии урбанизированной экономики – массовый продукт, востребованный растущим числом покупателей, представляющих всех экономических субъектов, включая государство.
2. Теоретическое обобщение различных описаний ивент-практики маркетинга, позволившего сформулировать основные характеристики и особенности ивент-маркетинга, включая финансовые измерители эффективности проектов ивент-маркетинга как сферу современного бизнеса.

В данной работе обобщены теоретические подходы в области ивент-маркетинга, а также сделан вывод о том, что наиболее правильным будут синкретические определения сути ивент-маркетинга, как особой проектной деятельности по созданию впечатлений, масштабы этой деятельности и используемые методы и инструменты позволяют характеризовать ее как индустрию – растущую сферу бизнеса.

В практической части работы были рассмотрены конкретные практики ивент-маркетинга, отражены типичные проблемы, которые возникают у организаторов при создании ивента, риски, с которыми организаторы могут столкнуться, предложены пути решения проблем и способы ликвидации или сведения к минимуму возможных рисков. Представлен перечень пошаговых практических действий и рекомендаций для проведения успешного мероприятия, который был сформулирован не только в

результате работы с литературой, но и информации из бесед с профессиональными организаторами ивент-мероприятий и личного опыта в ивент-агентстве.

Литература

1. Бэгьюли Ф. Управление проектом. – Изд-во: Фаир-Пресс, 2004. – 208 с.
2. Котлер Ф. 300 ключевых вопросов маркетинга: отвечает Филип Котлер / Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2006. – 224 с.
3. Хальцбаур У., Йеттингер Э., Кнаусе Б., Мозер Р., Целлер М. Event-менеджмент / Пер. с нем. – М.: Эксмо, 2007. – 384 с.
4. Шумович А.В. Великолепные мероприятия. Технологии и практика event-management. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2007. – 336 с.

Шестаков Виктор Сергеевич
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологии,
кафедра технологии приборостроения, группа № 6657
Направление подготовки: 200100 – Управление жизненным циклом приборов и систем
e-mail: shestakoffvs@gmail.com

УДК 004.946

МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ЭФФЕКТИВНОГО ТРЕХМЕРНОГО РЕДАКТОРА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛАНИРОВОК ПРОИЗВОДСТВ

В.С. Шестаков
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Валетов

Производство материальных благ всегда являлось основой человеческого общества. Потребность в создании все более технологичных объектов вынуждала людей объединяться. На данный момент почти любая вещь, окружающая нас, создается организованной группой людей в силу того, что потребности человеческого общества растут как в количестве необходимых материальных объектов, так и в их технологичности.

Научная дисциплина, занимающаяся изучением закономерностей производственного процесса изготовления изделий с целью использования их при создании производства, которое обеспечивает выпуск изделий требуемого качества и количества с наименьшими приведенными затратами, называется проектированием механосборочного производства [1].

Если говорить о разделах данной научной дисциплины, то следует выделить три основных:

1. экономическое планирование;
2. логическое планирование;
3. проектирование планировок производственных помещений.

Настоящая работа затрагивает проблемы, рассматриваемые в разделе «Проектирование планировок производственных помещений», а именно, проблемы, связанные с автоматизацией процесса проектирования в данной области.

Актуальность проведенного исследования подтверждается тем, что в сфере организации и планирования производства такие инструменты, как графические

редакторы, начинают находить все большее применение. В настоящее время все чаще появляется спрос на контрактное производство, важной характеристикой которого является высокая скорость его реализации. Таким образом, время, необходимое на перепланировку участка, как часть общего времени на реализацию производства, становиться немаловажной составляющей конкурентоспособности фирм, существующих на рынке данных услуг. Исследования, направленные на получение знаний о графических редакторах, способных ускорить разработку планировки цеха за счет увеличения наглядности процесса проектирования и уменьшить число ошибок, допускаемых разработчиком за счет частичной автоматизации, имеют большое практическое значение для данной предметной области.

Цель исследования – сформулировать методику разработки трехмерного редактора для проектирования планировок производств (ПП). Объектом проведенного научного исследования стал абстрактный идеализированный трехмерный графический редактор, способный решить всевозможные задачи автоматизации проектирования ПП. Иными словами, разрабатываемая методика должна предоставить основополагающую информацию, при помощи которой можно было бы создать редактор, легко адаптируемый под любые потребности в данной области.

Предметом же исследования стали способы решения частных проблем в реализации подобной программной системы. Например, способ представления реальных объектов в виртуальном пространстве.

В ходе работы процесс проектирования планировки производства был рассмотрен в ключе САПР. Был изучен ряд существующих САПР ПП. Полученная информация была использована в процессе разработки методики проектирования эффективной САПР ПП. Были предложены следующие методики:

1. проектирования трехмерных представлений производственного оборудования;
2. позиционирования трехмерной модели в виртуальном пространстве, выбор локальной системы координат;
3. использования «слоев» в работе с виртуальным проектом цеха.

Эффективность процесса проектирования возросла за счет:

- повышения адаптивности системы;
- увеличения скорости проектирования;
- улучшения условий в комплексном проектировании.

Предложенные методики были опробованы на практике.

Результаты проведенного исследования могут быть использованы как в качестве отправной точки для проведения новых исследований в данной области, так и в качестве руководства при создании САПР ПП.

Литература

1. Мельников Г.И., Вороненко В.П. Проектирование механосборочных цехов / Под ред. А.М. Дальского. – Машиностроение, 1990. – 350 с.
2. Словарь иностранных слов / Под ред. Ф.Н. Петров. – М.: Русский язык; издание 18-е, стер., 1989. –624 с.
3. Алексеев Е.Г., Богатырев С.Д. Информатика. Мультимедийный электронный учебник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://inf.e-alekseev.ru/text/Vidy_model.html, своб.
4. Ли Кунву. Основы САПР (CAD/CAM/CAE). – СПб: Питер, 2004. – 560 с.

Шмигельский Илья Юрьевич
Год рождения: 1990
Факультет точной механики и технологий,
кафедра технологии приборостроения, группа № 6659
Направление подготовки: 200100 – Технологическая подготовка производства приборов и систем
e-mail: shmigelsky90spb@gmail.com

УДК 681

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И СБОРКИ КУПОЛЬНОГО ЭКРАНА ПРОЕЦИРОВАНИЯ

И.Ю. Шмигельский
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Валетов

В настоящее время интенсивно развиваются системы технического зрения. Широкое применение они нашли в качестве подсистемы бортовой аппаратуры ориентации в окружающем пространстве и распознавания объектов. Один из видов такой аппаратуры – это оптические локационные системы (ОЛС). Для корректной работы ОЛС нуждаются в наладке и отработке алгоритмов ее работы, что невозможно без проведения испытаний. Испытания в реальных условиях, как правило, дороги и занимают много времени.

Полунатурные испытания близки к реальным, и позволяют сократить время наладки бортовой аппаратуры и отработки алгоритмов ее работы при относительной дешевизне.

Системы технического зрения работают в видимом и инфракрасном (ИК) диапазонах излучения, но в настоящее время крайне ограничен выбор оптической аппаратуры (экранов, проекторов) для полунатурных испытаний, связанных с ИК диапазоном.

Существующие технические трудности в обеспечении необходимой освещенности экрана, нагрев поверхности экрана, ограниченный выбор материалов, способных достаточно хорошо отражать инфракрасное и видимое излучение, сложность раскроя сферы на технологические детали – все они являются препятствиями для создания качественного экрана проецирования.

Для создания купольного экрана проецирования (КЭП) потребовалось провести трудоемкую многолетнюю работу. Была произведена работа по поиску требуемой оптической поверхности экрана, разработке технологии изготовления такой поверхности, разработке универсальной конструкции купольного экрана, а также разработке технологии сборки уникального изделия.

В ходе работы была найдена оптическая поверхность с регулярным микрорельефом (рис. 1), позволяющая значительно увеличить яркость изображения как в видимом, так и в ИК диапазоне спектра излучения (рис. 2).

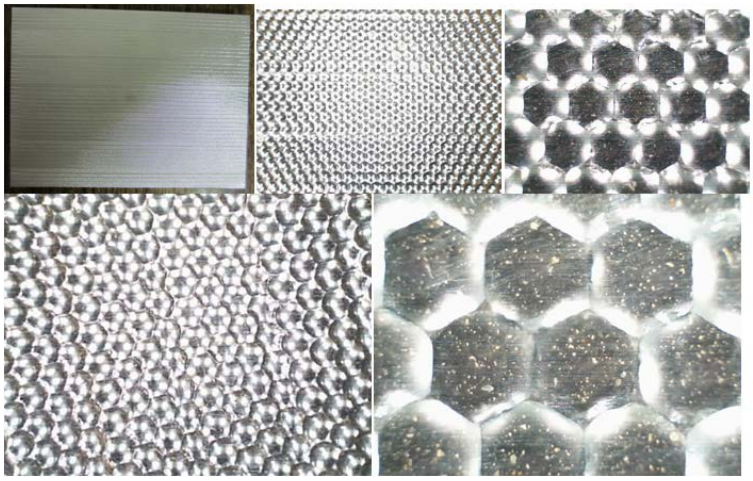


Рис. 1. Оптическая поверхность с регулярным микрорельефом

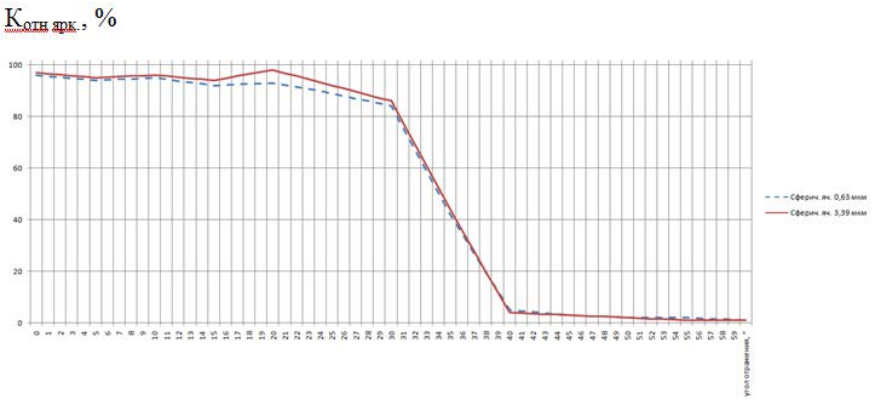


Рис. 2. Яркость изображения

Разработана технология изготовления такой поверхности, а также специальная технологическая оснастка для обеспечения этой технологии. Для возможности изготовления КЭП разработана технология его сборки и оснастка, позволяющая реализовать эту технологию.

Проведен экономический расчет себестоимости изготовления и сборки деталей с оптическим покрытием.

В работе исследованы варианты исполнения оптического покрытия для купольного экрана проецирования. Определены требования к отражающей поверхности экрана и изготовлен ее образец. Выбрана технология тиражирования оптического покрытия на основании ударно-маркировочной технологии. Разработана технология изготовления деталей экрана с оптическим покрытием и технологическая оснастка для обеспечения данной технологии. Разработана оснастка для изготовления секторов каркаса КЭП. Разработаны технологии сборки узлов КЭП, а также разработана оснастка для обеспечения метрологии и сборки КЭП. Произведен экономический расчет себестоимости изготовления и сборки экрана проецирования.

По итогам работы можно отметить, что технология тиражирования оптического покрытия может быть доработана для улучшения качества покрытия. Имеет смысл рассмотреть новые методы нанесения растра для разработки более технологичного способа получения оптического покрытия.

Литература

1. Строгалев В.П., Толкачева И.О. Имитационное моделирование: учеб. пособие для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 276 с.
2. MOCOM Solstice [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mocomscreens.com/technology/concave-screen-tech/, своб.
3. e. Sigma Technology AG [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.esigma-systems.com/en/air-defense-trainingsystems.html, своб.
4. Вильчинская С.С., Лисицын В.М. Оптические материалы и технологии: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 108 с.
5. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики. Т. 3. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика. – 12-е издание. – Изд-во: Физматли, 2001. – 663 с.
6. Ефимов А.М. Оптические свойства материалов и механизмы их формирования. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 103 с.
7. Ландсберг Г.С. Оптика. – 5-е изд. – М.: Наука, 1976. – 928 с.
8. ГОСТ 4784-97. Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки. – Введ. 30.06.2000. – М.: Стандартинформ, 2000. – 15 с.

Юрьева Радда Алексеевна
Год рождения: 1989
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра оптико-электронных приборов и систем, группа № 6312
Направление подготовки: 200400 – Оптико-электронные методы и средства обработки видеоинформации
e-mail: alegria89@bk.ru

УДК 621.384.3

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ТЕПЛОВИЗОРА

Р.А. Юрьева
Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.К. Мальцева

Полупроводниковые светодиоды, как и большая часть тел в природе, – селективные излучатели. Чаще всего применяется контроль качества по светотехническим характеристикам, таким как спектр, сила света, угол излучения и т.д. Между тем эти параметры не напрямую связаны с показателем надежности светодиодов. Величина же теплового сопротивления, напротив, сильно влияет на надежность прибора, так как от нее напрямую зависит перегрев кристалла светодиода, который приводит к изменению яркости и спектра излучения, а еще к внезапным отказам. Температура *p*-*n*-перехода светодиода будет тем меньше, чем ниже полное термосопротивление переход–окружающая среда.

Актуальность работы определяется высоким числом бракованной полупроводниковой светотехники (светодиодов, светодиодных панелей), так как нарушение теплового режима, работа *p*-*n*-перехода с температурой, близкой к максимальной, могут привести к уменьшению срока службы светодиода в несколько раз.

Целью работы была разработка измерительного тепловизора, предназначенного для регистрации температур элементов электронной аппаратуры.

Для достижения поставленной цели должны быть решены следующие задачи: разработка новой методики тепловизионного контроля светодиодов и выявление, анализ, оценка факторов, влияющих на формирование термограмм; проведение измерений температурных полей светодиодов и оценка их точности.

Тепловизионный контроль качества полупроводниковых светодиодов проводится:

– при приемке светодиодов в эксплуатацию с целью обнаружения скрытых дефектов;
– на стадии эксплуатации – контроль надежности.

Теплообмен светодиода с окружающей средой характеризуется несколькими процессами (рис. 1):

– светодиод излучает свет с мощностью $P_{\text{св}}$;
– кристалл отдает теплоту в окружающую среду (тепловое сопротивление R_1);
– кристалл отдает теплоту подложке (тепловое R_2);
– подложка отдает теплоту окружающей среде (тепловое сопротивление R_3).

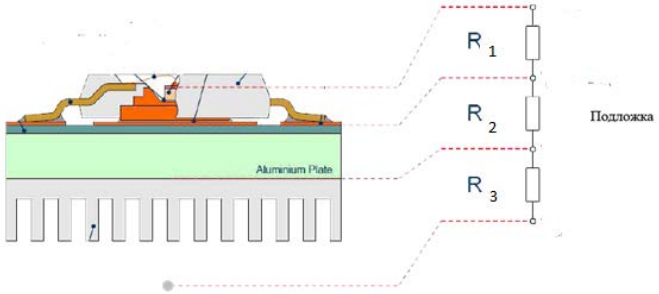


Рис. 1. Тепловое сопротивление светодиода

Тепловой режим светодиодных изделий описывается с помощью математической модели, основанной на уравнениях теплового баланса.

$$\frac{dT_1}{dt} = \frac{1}{C_k} \cdot [p - p_{\text{св}} - G_1(T_1 - T_3) - G_2(T_1 - T_2)], \quad (1)$$

$$\frac{dT_2}{dt} = \frac{1}{C_n} \cdot [G_2(T_1 - T_2) - G_3(T_2 - T_3)]. \quad (2)$$

Математическую модель тепловых процессов, которые происходят в измерительной камере, записывают с помощью следующих уравнений:

$$\frac{dT_3}{dt} = \frac{1}{C_B} \cdot [G_3(T_2 - T_3) - G_4(T_3 - T_4)], \quad (3)$$

$$\frac{dT_4}{dt} = \frac{1}{C_u} [P_{\text{св}} + G_4(T_3 - T_4) - G_5(T_4 - T_0)], \quad (4)$$

где T_1, T_2, T_3 – средние температуры кристалла, подложки и окружающей среды соответственно; $G_i = 1/R_i$ – коэффициент теплопередачи соответствующего перехода; T_4 – средняя температура стенок камеры; T_0 – температура внешней среды; G_4 – коэффициент теплопередачи между средой камеры и ее стенками; G_5 – коэффициент теплопередачи между стенками камеры и внешней средой.

Известно, тепловая мощность, которая отдается светодиодом, распределяется вышеописанным способом. Кристалл отдает 10% тепловой энергии в воздушную среду, а все остальное – в подложку. Кроме этого, следует знать, что срок службы светодиода (и любого полупроводникового прибора) зависит и от проходящего тока (рис. 2).

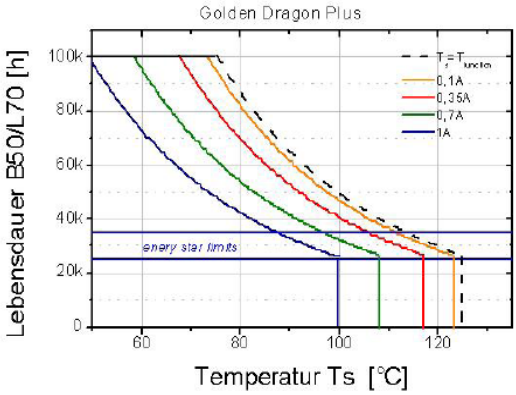


Рис. 2. Зависимость жизни светодиода от температуры при разном токе

Для выполнения эксперимента по контролю качества светотехники с помощью тепловизора была сделана лабораторная установка (рис. 3). Все измерения следует выполнять приборами, прошедшими регистрацию и имеющими соответствующий сертификат.

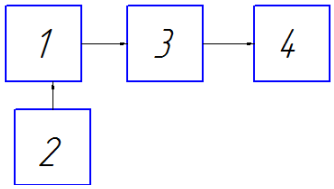


Рис. 3. Структурная схема лабораторной установки: 1 – линейка светодиодов; 2 – блок питания; 3 – тепловизор; 4 – персональный компьютер

Использовались современные тепловизионные приборы, которые сертифицированы Госстандартом РФ, как измерительные.

Контролируемые светодиоды должны быть освобождены от всех предметов, мешающих их съемке, с начала и вплоть до окончания обследования.

Фотография установки для контроля светодиодных линеек показана на рис. 4.

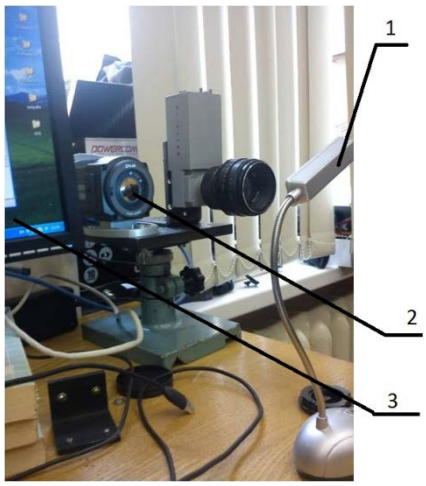
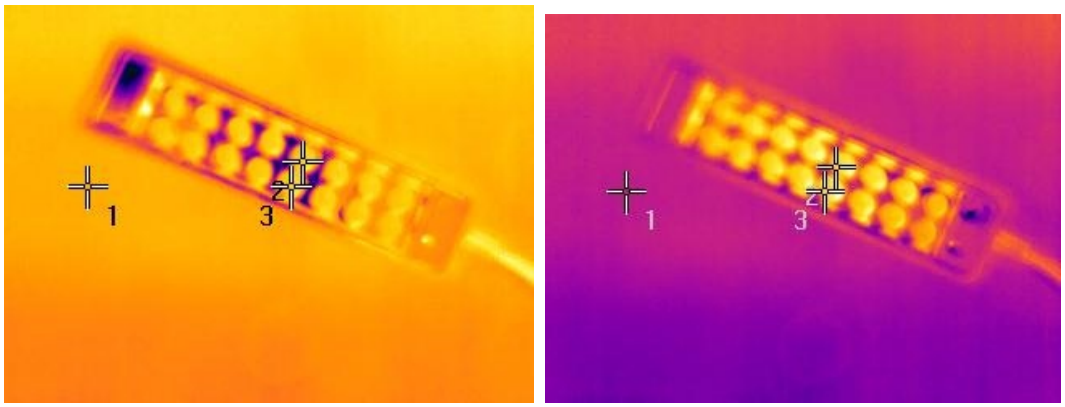


Рис. 4. Схема установки для контроля светодиодных линеек: 1 – линейка светодиодов; 2 – тепловизор; 3 – персональный компьютер

Термоконтроль светодиодов проводился в течение первых 14 мин работы в трех точках (рис. 5).



а б

Рис. 5. Термограмма светодиодов в начале (а) и в конце (б) эксперимента

Участки термограммы, окрашенные в белый цвет, являются дефектными. Температура в них составляет 28,3–28,5°С.

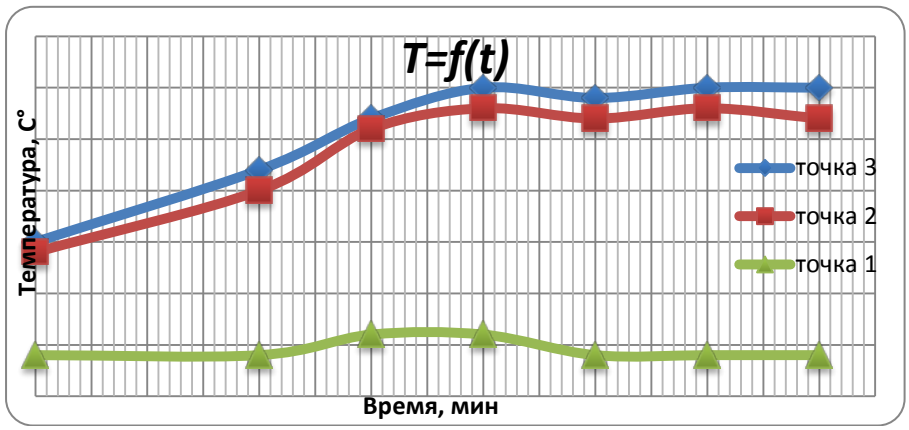


Рис. 6. График зависимости температуры светодиодов от времени их работы

Из графиков (рис. 6) видно, что они полностью удовлетворяют теоретическим данным, т.е. сначала температура нарастает, а потом переходит в фазу стационарного режима.

Научная новизна заключается в предложении и обосновании способа контроля полупроводниковой светотехники (в частности, светодиодов) с помощью измерительного тепловизора. Было предложено использование измерительного тепловизора для контроля качества полупроводниковой светотехники, в частности, светодиодов. Одна из самых важных характеристик светодиодов – долговечность – связанная с тепловой мощностью, которую выделяет светодиод, и тепловым сопротивлением перехода между кристаллом и подложкой. Инфракрасные тепловые изображения позволяют быстро выявить состояния, которые практически невозможно обнаружить с помощью любой другой технологии. Незначительные отклонения по температуре, сигнализирующие о пробелах в технологическом процессе, ясно видны в тепловом изображении.

Практическая значимость определяется тем, что при возникновении отказов приходится решать сложную задачу, связанную с поиском и локализацией дефектного компонента. Тепловизионный контроль качества дает возможность отбраковывать дефектные светодиоды даже на этапах изготовления.

Литература

1. Пуговкин А.В., Степной В.С., Антонова А.Ю., Еремич М.А. Энергетические характеристики светодиодов и светодиодных ламп // Доклады ТУСУРа. – 2011. – № 2(24). – Ч. 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.tusur.ru/filearchive/reports-magazine/2011-24-2/164.pdf, своб.
2. Староверов К. Энергетические характеристики светодиодов и светодиодных ламп //Новости электроники. – 2008. – № 17 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pselectro.ru/article/7/78, своб.
3. Что означает высокая температура? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.bartltd.ru/content/articles/8073/, своб.

Юрьева Радда Алексеевна
Год рождения: 1989
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра безопасных информационных технологий,
группа № 6132
Направление подготовки: 090900 – Информационная безопасность и технология защиты информации
e-mail: alegria89@bk.ru

УДК 026.00

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА МОДИФИКАЦИИ АТАК НА RFID-СИСТЕМЫ

Р.А. Юрьева
Научный руководитель – к.ф-м.н., доцент А.Б. Левина

Объектом исследования являются методы и средства модификации атак на RFID-системы и анализ существующих уязвимостей.

Цель работы заключалась в рассмотрении существующих методов и средств атак на RFID-системы, выявлении способов защиты тегов, реализации одной из угроз.

Актуальность работы основана на том, что RFID-метки постепенно становятся атрибутом нашей повседневной жизни. Первыми опытными образцами, используемыми в жизни человека, стали RFID-метки, применяемые в библиотеках и прочих магазинах. Сейчас они применяются в пластиковых картах, полностью вытеснив магнитные аналоги, используются в паспортах и для слежения за животными.

Информация, помещаемая в RFID-метки, зачастую является частной и не подлежит раскрытию. Но информация с RFID-тега может быть считана без разрешения на то подлинного владельца объекта, который снабжен меткой, или же самого носителя метки. Этот изъян технологии является одним из важных барьеров на пути повсеместного внедрения биометрических паспортов.

Во многих случаях RFID-теги используются для определения местоположения предмета в пространстве. Это нужно, в общем-то, когда речь заходит о перемещении действительно важных лекарств или при отслеживании передвижений домашних животных. Но опасность несанкционированного контроля передвижения человека или важного носителя информации очень остра. Таким образом, несанкционированный доступ и клонирование меток могут привести к непредвиденным результатам.

Предложенный метод защиты RFID-систем заключается в генерации нового произвольного числа, основанного на теории хаоса и произведенного хаотически, каждый раз, когда метка прочитана. Процессор окончательной обработки данных,

который генерирует эти хаотические числа, обнаруживает клонирование метки, как только и подлинная и клонированная метка прочитана.

Случай 1. Подлинная метка считана до скопированной метки, и тревога, таким образом, вызвана, когда считана скопированная метка.

Случай 2. Скопированная метка считана перед подлинной меткой, и тревога, таким образом, вызвана, когда подлинная метка прочитана.

Случай 3. Подлинная метка не прочитана вообще, и таким образом не было вызвано тревоги при копировании.

В первом случае, если клонированная метка обнаружена, как только она прочитана один раз, негативный эффект от клонирования может быть предотвращен. Во втором случае, если клонированная метка пройдет проверку, не поднимая тревоги, то система обнаружит атаку на клонирование, когда подлинная метка будет прочитана. В третьем случае безопасность терпит неудачу, и атака остается незамеченной. Уровень системы безопасности характеризуется вероятностью первого случая, который демонстрирует, как часто угрозы предотвращены, и вероятностью первого и второго случаев, которые показывают, как часто обнаружены угрозы.

Обнаружение клонирования подлинной RFID-метки является более привлекательным способом борьбы со злоумышленниками, нацелившимися на клонирование, так как не требует усиления алгоритмов шифрования, а также не влияет на цену продукта. Злоумышленник реального мира, который знает систему, вряд ли будет вести себя, таким образом, как в случаях 1 и 2. По этой причине уязвимость случая 3 должна быть исправлена. На данном же этапе удается защитить систему от долгосрочного использования клонированных меток.

Существует множество средств атак на RFID-системы, и, к сожалению, отсутствует универсальная защита. По этому поводу ведется огромное количество дискуссий, ищутся конкретные и технические, и алгоритмические решения. Предложенные методы помогают частично справится с этой проблемой.

В основном, программный код для эмуляции RFID – это всего лишь выполнение определенного алгоритма (инструкций) в течение определенного времени для изменения логического состояния вывода порта микроконтроллера.

Клонирование RFID-меток может привести к огромным денежным убыткам во многих коммерческих и государственных организациях. Производители чипов RFID в настоящее время сосредотачиваются на улучшении модификации меток с тем, чтобы усложнить их клонирование.

С целью демонстрации простоты изготовления эмулятора для RFID-систем, эмулятор для RFID-меток был спаян в домашних условиях (рис. 1).

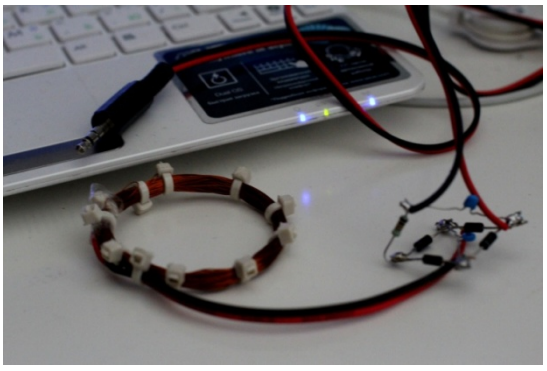


Рис. 1. Эмулятор для RFID

Для этого понадобилось четыре диода Шоттки, два конденсатора по 1 нФ, антенной же в данном случае стала проволока, намотанная на катушку и залитая клеем. Эмулятор работает на частоте 125 кГц. Была проверена его работоспособность (рис. 2).

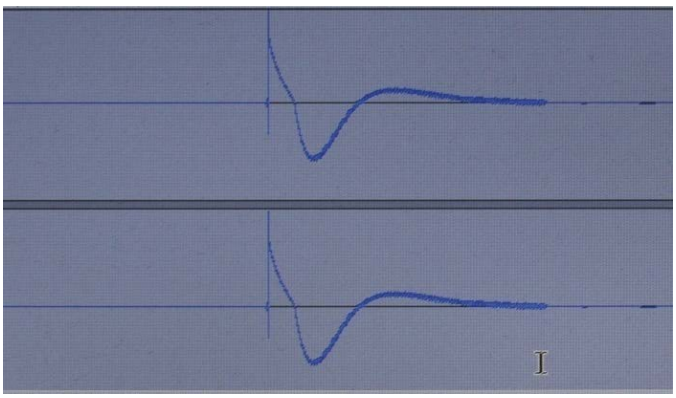


Рис. 2. Реакция эмулятора на электромагнитное излучение

Схема, представленная здесь, позволяет считывать данные с RFID-меток, сохранять и изменять их с помощью программного обеспечения на персональном компьютере в домашних условиях.

Как известно, самые популярные и легко эксплуатируемые каналы для side-channel атак – это время выполнения операций на устройстве, а также энергопотребление и электромагнитное излучение во время операций. На основе электромагнитных утечек чрезвычайно эффективно полностью восстанавливаются секретные ключи RFID-систем. Что, как правило, и является целью злоумышленника.

Электромагнитное излучение в каждый момент времени зависит от бита передаваемого секретного ключа. Ключ обычно не обработан и состоит не только из комбинации байтов или слов, но и из шумов, которые несколько усложняют измерения и анализ, в алгоритмах, которые выполняют операции по распознаванию секретного ключа. Правда, операции с большими числами требуют длительного времени, так как их обработка разделена на многие части. Связывая спектральные компоненты электромагнитного излучения с операциями, выполняемыми в устройстве, злоумышленники овладевают достаточной информацией для определения секретного ключа или самой обрабатываемой информацией.

В процессе работы было выполнено исследование технических параметров RFID-систем, изучение антиколлизионных алгоритмов, проведен обзор методов атак на RFID-системы, обзор средств модификации атак на RFID-системы, реализована side-channel атака на RFID-систему.

В результате работы предложен метод генерации нового произвольного числа каждый раз, когда метка прочитана, и перезаписи содержимого метки. Процессор окончательной обработки данных, который генерирует эти хаотические числа, обнаруживает клонирование метки, как только и подлинная и клонированная метка прочитана. Эта работа описывает хаотический метод и вычисление предотвращения и обнаружения клонирования.

Литература

1. Шарфельд Т. Системы RFID низкой стоимости. – М., 2006. – 197 с.
2. Казакевич А., Харни О. Беспроводные устройства ближнего радиуса действия // Беспроводные технологии. – 2007. – № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.wireless-e.ru/articles/diapasons/2007_1_50.php, своб.

3. Юрьева Р. Методы и средства модификации атак на RFID-системы // Сб. трудов молодых ученых «Технология программирования и защита информации». – СПб: НИУ ИТМО, 2013.
4. Робертс П. Подробности одного взлома RFID» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.osp.ru/cw/2005/33/369772, своб.

СОДЕРЖАНИЕ

ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСА УНИВЕРСИТЕТА НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ 5
Алексанков С.М. Исследование решений по обеспечению отказоустойчивости вычислительных комплексов 6
Белогуров А.А. Экспериментальное определение влияния внешних факторов на параметры чувствительного элемента и характеристики микромеханического гироскопа RR -типа 9
Бородин Д.А. Методы и средства предотвращения обледенения зданий и сооружений 13
Демидов Д.В. Модели надежности и безопасности вычислительных систем с учетом влияния организации контроля 17
Долнакова А.С. Исследование алгоритмов фильтрации в задаче оценивания скорости в доплеровском лаге 21
Иванова О.В. Исследование влияния белковых препаратов и пищевой добавки глюконо-дельта-лактона на качество и выход творога 27
Кривошеев С.В. Разработка нейронного интерфейса для протеза верхних конечностей 31
Левшина А.В. Изучение микроструктуры поверхностного слоя предметов декоративно-прикладного искусства методом оптической когерентной микроскопии 34
Мазурова Т.Б. Теоретически и методические основы разработки и внедрения HRM-систем 38
Малютин В.Е. Разработка пакета программ для автоматизации предварительной обработки данных контроля оптических систем методом Гартмана 40
Марцуков А.А. Разработка и исследование оптико-электронных приборов для таможенного контроля 45
Невидимов А.В. Методы и средства коллективной разработки онтологий 51
Николаев В.В. Встраивание предметно-ориентированных языков программирования с использованием макросов в Scala 53
Павленко Н.А. Исследование и разработка установки для цветового анализа движущихся объектов 56
Петухова Д.Б. Исследование и разработка принципов обработки данных в видеоинформационных системах цветового анализа минералов 60
Подгорных Ю.А. Варианты композиции оптических систем зеркальных телескопов с главным зеркалом сферической формы 66
Посмитная Я.С. Исследование физико-химических методов модификации поверхностей микрофлюидных устройств для полимеразной цепной реакции в геле 68
Сергеев М.М. Лазерно-индуцированная локальная модификация фоточувствительных и пористых стекол 73
Сергушичев А.А. Разработка метода восстановления фрагментов генома по парным чтениям с ошибками вставки и удаления 78
Симон И.А. Нейтрализация отрицательного влияния курсовых разниц для внешнеторговых предприятий (на примере ООО «Стройком») 81
Смирнов Н.В. Разработка и исследование преобразователей линейных перемещений субмикронной точности для комплектации механообрабатывающего оборудования 83

Смородинов Д.С. Разработка метода обеспечения равной интенсивности в изображениях разновеликих элементов бинарных объектов, восстанавливаемых с помощью синтезированных голограмм 86
Ульянцев В.И. Построение управляющих конечных автоматов по сценариям работы на основе решения задачи удовлетворения ограничений 90
Фёдоров Д.А. Масштабирование изображений на основе вейвлет-преобразования 95
Федорова Е.В. Разработка системы оценки инновационной деятельности регионов (на примере федеральных округов Российской Федерации) 99
Федорова Т.Д. Методическое обеспечение исследования и анализа рынка научно-технической продукции 103
Чивилихин Д.С. Метод построения конечных автоматов на основе муравьиного алгоритма 106
Шолохов А.В. Применение машин Больцмана для верификации диктора 110
Юдченко Д.А. Исследования возможности создания эталонной установки для поверки поточных вискозиметров 115

ЛАУРЕАТЫ КОНКУРСА УНИВЕРСИТЕТА (ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСА ФАКУЛЬТЕТОВ) НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ 121
Александров Е.В. Моделирование формы сосульки 122
Бережной И.О. Определение частоты основного тона одноголосого музыкального сигнала 125
Гришина Н.Ю. Расчет оптической системы объектива индикации информации 129
Гусаров В.Ф. Исследование погрешностей оптико-электронной системы измерения вертикального градиента температур воздушного тракта 132
Исаев Р.М. Построение и исследование модели технологической системы механической обработки заготовок 136
Канагина В.И. Введение системы риск-менеджмента на предприятии сферы услуг 138
Кондратьева Е.А. Сравнительное исследование методов моделирования 3D-объектов 142
Леденева В.В. Сравнительное исследование систем управления сайтом 147
Леонов М.Б. Разработка трехкоординатного целеуказателя для топографических задач 151
Манко В.В. Развитие экономики спорта в Российской Федерации 155
Сидельникова О.А. Особенности и проблемы формирования малых инновационных предприятий на базе бюджетных научных и учебных организаций 158
Сорокина В.А. Методы определения стоимости и трудоемкости проектных работ 164
Тутаева М.Ю. Организация продаж инновационного продукта: ценообразование и сбыт 168
Филатова Н.Н. Исследование технологии визуализации информации для системы «Интерактивное стекло» 169
Христофоров М.В. Разработка геоинформационного Web-сервиса по оценке состояния дорог 173
Цукурова Н.А. Характер изменения состава сжиженного природного газа при длительном хранении 178

Шиганов А.В. Разработка программно-аппаратного комплекса позиционирования моделей для учебных и научных целей 182
Шнайдер Е.А. Методическое обеспечение внедрения системы бюджетного управления на предприятии 190
Ярошенко В.И. Повышение точности измерения температуры в системе учета тепловой энергии 196

УЧАСТНИКИ КОНКУРСА КАФЕДР УНИВЕРСИТЕТА НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ 200
Авраменко Е.В. Исследование модового состава излучения в микроструктурированных световодах с большой сердцевиной 201
Александров А.В. Разработка метода исправления ошибок вставки и удаления в наборе чтений нуклеотидной последовательности 204
Антонов П.Н. Исследование оптических методов измерения влажности сельскохозяйственных продуктов 209
Арбузов Н.С. Разработка и исследование оптико-электронной системы контроля установки фар автотранспортного средства 212
Астрединова Н.В. Разработка методики контроля качества паяных соединений с применением метода лазерно-ультразвуковой диагностики 215
Бабкина А.Н. Влияние температуры на экситонное поглощение CuCl квантовых точек, распределенных в неорганическом стекле 220
Бадретдинова Ю.И. Исследование влияния формы световода на энергетическую эффективность 223
Бондарев Ю.О. Разработка методики эндоскопического контроля скрытых полостей жидкостного ракетного двигателя 225
Борисов М.А. Исследование теплового режима печатных плат с локальными источниками теплоты 228
Виноградов А.В. Исследование оптических и теплофизических характеристик государственного первичного эталона единицы температуры 232
Горшков П.А. Исследование и разработка методики формирования конструкторско-технологической модели изделия с использованием баз знаний 235
Горячева Е.А. Разработка установки для контроля параметров резьбовых отверстий 238
Дмитриева Е.Л. Динамическая обработка интерферометрических сигналов с использованием сигма-точечного фильтра Калмана 241
Дуденков Н.А. Разработка двухкаскадной системы нечеткого вывода городских инженерных коммуникаций в интерактивном режиме 244
Зеленов М.Н. Магнитооптический эффект Фарадея в магнитных жидкостях 247
Зюзин А.А. Система управления летательным аппаратом с вертикальным взлетом и изменяемым вектором тяги 249
Иванов А.А. Исследование влияния технических и экономических факторов на степень автоматизации штамповочного производства на ОАО «Техприбор» 251
Иванов Е.Ю. Производительность файловых систем, работающих в пользовательском режиме 254
Иванов С.А. Голографические метки на основе фото-термо-рефрактивного стекла для лазерных прицелов 258
Кузьмина Е.С. Расчет и исследование офтальмологических линз 260
Летуновский И.И. Исследование точности перемещения механизмов

с использованием шарико-винтовой передачи ... 263
Ли Янь. Финансовая составляющая в управлении конкурентоспособностью предприятия Российской Федерации и Китая ... 267
Любивый А.В. Построение и исследование термодинамической модели технологической системы механической обработки заготовки ... 269
Мазурова У.С. Фрактальный анализ томограмм головного мозга ... 272
Малютина А.С. Автоматизация расчета оптических систем с переменным фокусным расстоянием ... 275
Морозов Д.А. Энергетическое обследование зданий и сооружений ... 279
Мошкин Н.Н. Разработка и исследование метода калибровки датчиков угла в составе инерциальной навигационной системы на неуправляемых гироскопах ... 282
Мухаметов Р.М. Разработка технологии формирования функциональных элементов на поверхности узлов гироприборов ... 287
Новиков А.В. Разработка и создание комплекса измерительно-регистрирующей аппаратуры для учета динамических параметров движения подводного аппарата ... 291
Нурмухамедов В.А. Разработка неразрушающего метода измерения электрофизических характеристик структур Si/SiO_2 ... 294
Омельченко М.Н. Тепловой расчет элементов теплозащитной одежды ... 297
Орманов Д.Р. Исследование способов управления многозвенным роботом-манипулятором ... 299
Панченко Е.В. Применение методов решения задачи о выполнимости булевой формулы для построения управляющих конечных автоматов по сценариям работы ... 302
Пономарева Е.П. Разработка веб-портала на основе гиперсписков ... 305
Рогова Е.В. Тепловой расчет маски для защиты органов дыхания ... 308
Родыгин И.В. Создание обзорно-панорамной оптико-электронной системы на базе панорамной оптики ... 310
Сагидуллин А.С. Исследование и разработка методики создания трехмерных принтеров для интегрированных производств прототипов ... 312
Сорокина М.Г. Особенности травления фото-термо-рефрактивных стекол ... 315
Трифонов К.В. Исследование пороговых соотношений систем ближней оптической локации с дифференциальной схемой ... 317
Фатхуллина Д.Г. Исследование оптических свойств красителей методом спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения ... 320
Филатов А.Б. Юстировка зеркально-призменных систем по изображению траектории точки ... 324
Филатов В.И. Разработка методик и алгоритмов обучения визуальным понятиям на основе признакового анализа и сегментации изображений ... 327
Хохрина А.Д. Разработка метода оценки изменений системы менеджмента качества вуза ... 331
Чан Ван Тан. Разработка и исследование методов построения трехмерных моделей объекта ... 334
Шапиро А.В. Маркетинговые аспекты ивент-бизнеса ... 336
Шестаков В.С. Методика разработки эффективного трехмерного редактора для проектирования планировок производств ... 338
Шмигельский И.Ю. Исследование и разработка технологии изготовления и сборки купольного экрана проецирования ... 340
Юрьева Р.А. Разработка и исследование измерительного тепловизора ... 342
Юрьева Р.А. Методы и средства модификации атак на RFID-системы ... 346

Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ магистров НИУ ИТМО / Главный редактор Проректор по НР д.т.н., профессор В.О. Никифоров. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 354 с.

АННОТИРОВАННЫЙ СБОРНИК НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ МАГИСТРОВ НИУ ИТМО

Главный редактор
Проректор по НР
В.О. Никифоров
Дизайн обложки Л.М. Корпан
Редакционно-издательский отдел НИУ ИТМО
Зав. РИО Н.Ф. Гусарова
Лицензия ИД № 00408 от 05.11.99.
Подписано в печать 12.11.13.
Заказ № 3062. Тираж 100 экз.