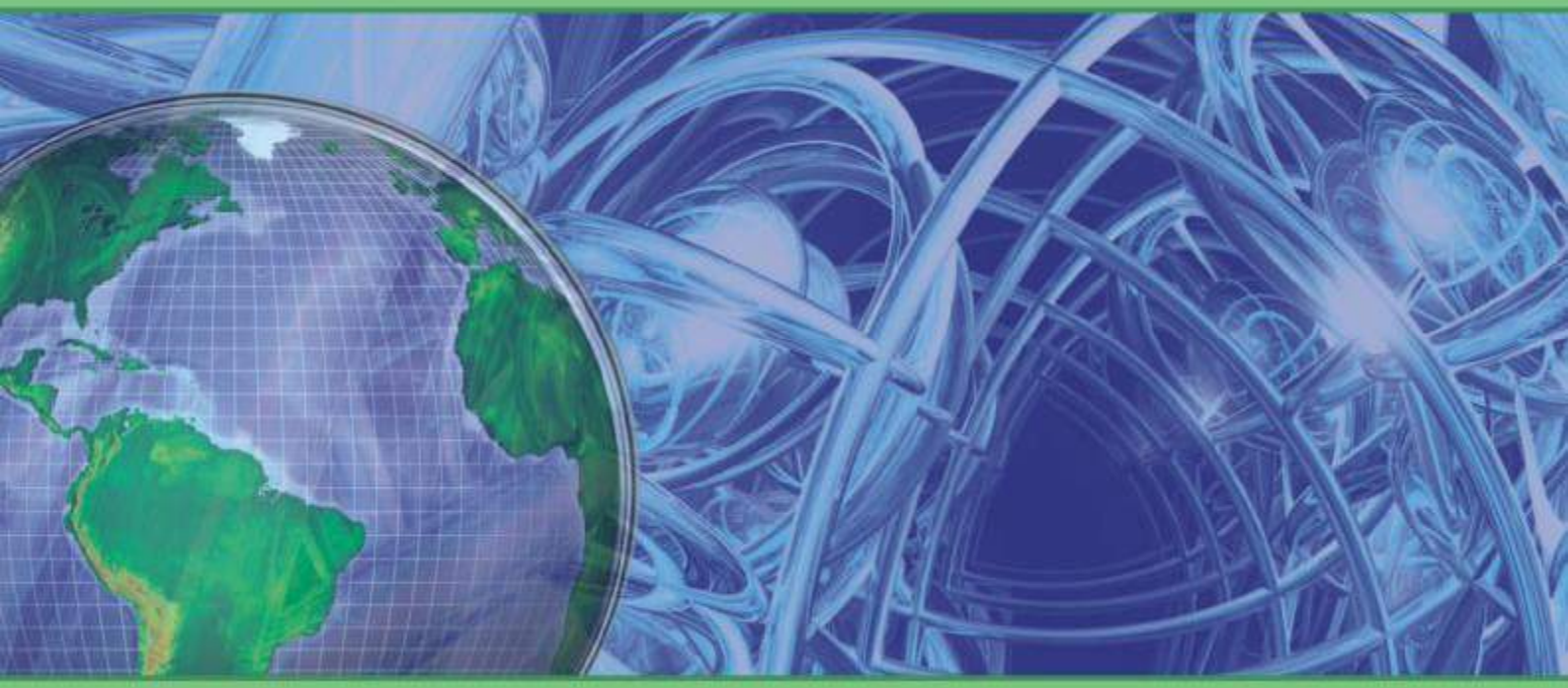
АННОТИРОВАННЫЙ СБОРНИК

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ МАГИСТРОВ НИУ ИТМО



Санкт-Петербург
2012 г.

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

2012

Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ магистров НИУ ИТМО. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 380 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 978-5-7577-0417-3

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, 2012

© Авторы, 2012

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 145 лучших НИВКР на 30 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 8 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 2012 год и определена номинация «Лучший научный руководитель НИВКР среди магистров 2012».

Статистические данные участия магистров

Этап	Название конкурса	Приняло участие	Победители
I	Конкурсы кафедр	424	145
II	Конкурсы факультетов	145	54
III	Конкурс университета	54	29

По итогам Конкурса среди магистров было определено 29 победителей на «Лучшую НИВКР университета» и 25 лауреатов, которые стали победителями Конкурсов проведенных на факультетах.

Общее количество магистрантов, участвовавших в конкурсах на «Лучшую научно-исследовательскую выпускную квалификационную работу» составило 424 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 № 1348-уч от 04.08.2012 г.

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

Агейский Дмитрий Эдуардович
Год рождения: 1989
Институт холода и биотехнологий, факультет криогенной техники и кондиционирования, кафедра криогенной техники, группа 6КТ
Направление подготовки:
140500 Криогенные машины и установки
e-mail: ageiskiyd@gmail.com

УДК 621.075.8

ТЕПЛОВОЙ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КРИОГЕННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕРХТЕКУЧЕГО ГЕЛИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 7 КГ/Ч

Д.Э. Агейский
Научный руководитель – к.т.н., доцент О.В. Пахомов

Данный анализ проводился для подготовки криогенной системы по снабжению сверхтекучим гелием источника ультрахолодных нейтронов (УХН) на базе реактора ВВР-М в Петербургском институте ядерной физики [1–3]. Источник располагается в тепловой колонне реактора, в зоне прямого радиационного нагрева, что делает задачу отведения от камеры со сверхтекучим гелием тепловой нагрузки 45 Вт при температуре 1,2 К крайне сложной.

В рамках данной работы необходимо было провести следующие работы: выбор схемы низкотемпературной части источника; расчет теплопритоков к конструкциям и расчет тепловых экранов; расчет энергозатрат, холодопроизводительностей и характеристик эффективности работы установок цикла.

Рассматривались два возможных варианта исполнения низкотемпературной части источника: с удалением тепловой нагрузки из камеры за счет теплопроводности сверхтекучего гелия и за счет прямой вакуумной откачки испаряющегося гелия из камеры. В результате расчетов была выбрана схема с вакуумной откачкой в силу ряда преимуществ, в числе которых более низкая достижимая температура криоагента в камере, меньшее необходимое количество гелия в установке (40 л против 245 л в первой схеме) и отсутствие необходимости в установке теплообменного аппарата, обеспечивающего теплообмен в условиях сверхтекучести.

В рамках теплового проектирования узлов криостата определялись величины теплопритоков к конструкциям. Оценивались величины теплопритоков за счет теплового излучения и за счет теплопроводности по тепловым мостам. В итоге на наиболее критических температурных уровнях – 1,2 К и 4,2 К получены величины суммарных тепловых нагрузок 5,9 мВт и 78 мВт соответственно. Величина же теплопритоков на температурном уровне 20 К криостата в сумме составляет около 120 Вт. Величина теплопритоков на температурном уровне 20 К модели источника УХН складывается из теплопритока излучения к экрану камеры (127,5 Вт), к экрану криопровода (20,7 Вт), к экрану нейтроновода (65,4 Вт), что в сумме составляет около 210 Вт.

Также на основании данных о тепловых нагрузках на тепловые экраны модели и криостата была спроектирована система гелиевого охлаждения экранов. Была выбрана схема с пропусканием газообразного гелия при 20 К через змеевики, припаянные к медным цилиндрическим экранам. Параметры навивки и расходные характеристики подбирались, во-первых, из соображений обеспечения невысокого температурного перепада на поверхности экранов, и, во-вторых – из соображений обеспечения

гидравлических потерь на каждой из двух систем не выше 10 кПа, что обусловлено рабочими параметрами снабжающего систему гелием рефрижератора.

В результате выбраны следующие расходные характеристики. Системы запитываются параллельно гелием с массовым расходом 7 г/с. При таком расходе и принятой геометрии канала потери давления в системе охлаждения криостата составят величину около 5,97 кПа, а для модели – около 9,6 кПа.

Также был рассчитан ряд динамических характеристик криостатов. Сверхтекучий гелий, общей массой 7,6 кг, будет нагреваться от 1,2 К до температуры фазового перехода в течении 9 мин, от температуры фазового перехода до 4,4 К в течение 20 мин. Скорости изменения уровней были определены для всех трех ванн криостата, средняя скорость составила 0,5 см/мин, а время полного опорожнения камеры – 68,8 мин.

В рамках термодинамического анализа работы системы были определены энергозатраты на установках комплекса, холодопроизводительности и ряд параметров, характеризующих эффективность работы цикла. Анализу подвергался несколько упрощенный цикл, схема которого с основными тепловыми и массовыми потоками приведена на Рисунок.

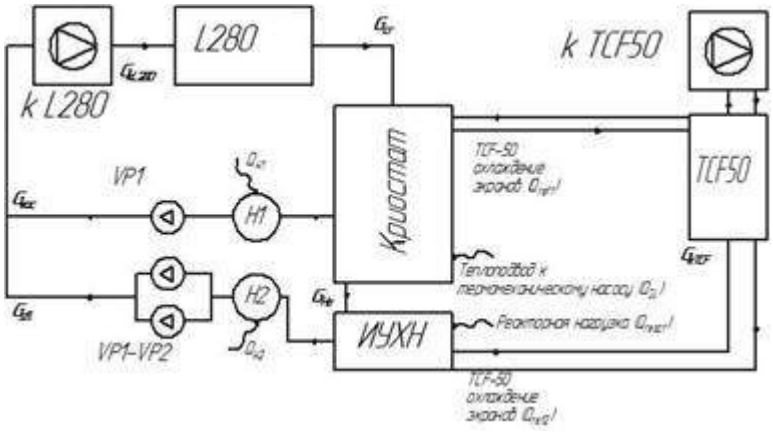


Рисунок. Принципиальная схема гелиевого цикла

Суммарные энергетические затраты:

$$L_{\Sigma} = L_{kTCFr} + L_{kL280r} + L_{VPmv} + L_{VPch} + Q_{SL} + Q_{H1} + Q_{H2},$$

где L_{kTCFr} – энергозатраты на рефрижераторе; L_{kL280r} – на ожижителе; L_{VPmv}, L_{VPch} – на вакуумных насосах откачки промежуточной ванны и камеры; Q_{SL} – на термомеханическом насосе криостата и Q_{H1}, Q_{H2} – на нагревателях на линиях откачки гелия. Величина составляет 226,6 кВт.

Также были определены холодопроизводительности для ожижителя, рефрижератора и криостата. Составлен ряд диаграмм распределения холодопроизводительности, отражающих процентное распределение полной холодопроизводительности циклов установок между компенсацией потерь от теплопритоков извне, потерь от недорекуперации в теплообменных аппаратах, и, собственно, полезной холодопроизводительностью.

Эффективность работы установок цикла оценивалась по следующим параметрам: удельные затраты энергии, отнесенные к реакторной нагрузке (40 Вт) – 5,6 кВт/Вт; удельные затраты энергии, отнесенные к производительности по сверхтекучему гелию (2,12 г/с) – 106,7 МДж/кг; удельные затраты на производство 1 УХН – 2,1 мВт/n; холодильный коэффициент – 0,00017; холодильный коэффициент для цикла Карно – 0,0071; термодинамический КПД комплекса – 0,0024.

Эффективность рассматриваемого цикла заведомо низкая, в силу ряда факторов, в числе которых: выбор прямой вакуумной откачки паров гелия, в качестве единственно целесообразного при данных температурах и нагрузках способа отведения теплоты; невозможность обеспечения рекуперации на линии откачки паров гелия, и, как следствие, сильная зависимость между температурой в камере и давлением на входе в насосы; размещение камеры источника непосредственно в тепловой колонне реактора, т.е. в зоне радиационного нагрева.

Данные, полученные в работе, были неоднократно представлены на конференциях. Ряд данных, полученных при тепловом проектировании и расчете тепловых экранов, нашел практическое применение при проектировании и изготовлении отдельных узлов криостата и модели источника. На данный момент комплекс находится на стадии изготовления, испытания отдельных установок и подготовки к полномасштабным испытаниям всего комплекса.

Литература

1. Serebrov A.P. et.al. Project of UCN source for fundamental research at PNPI. – Preprint PNPI, 2008. – № 2783 – 11 p.
2. Ерыкалов А.Н., Онегин М.С., Серебров А.П. Новый источник холодных и ультрахолодных нейтронов на реакторе ВВР-М I. Оценка нейтронных потоков и энерговыделения. – Препринт ПИЯФ, 2008.– № 2776. – 22 с.
3. Захаров А.А., Серебров А.П. Новый источник холодных и ультрахолодных нейтронов на реакторе ВВР-М II. Низкотемпературная часть со сверхтекучим гелием». – Препринт ПИЯФ, 2009. – 25 с.

Попов Юрий Игоревич
Год рождения: 1988
Факультет информационных технологий
и программирования, кафедра компьютерных технологий,
группа 6539
Направление подготовки:
010400 Прикладная математика и информатика
e-mail: yurpopov@rambler.ru

УДК 004.421.2

ВЫЧИСЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ПРОВОДНИКА В ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ТРАССИРОВКЕ ПЕЧАТНОГО МОНТАЖА

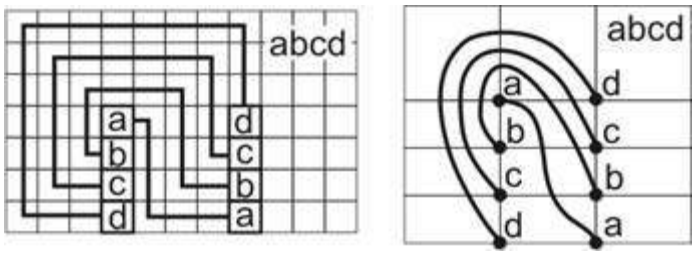
Ю.И. Попов
Научный руководитель – д.т.н. С.Ю. Лузин
(ООО «Эремекс»)

Введение. Сложность радиоэлектронной аппаратуры неуклонно повышается. Не только увеличивается количество элементов на печатной плате или кристалле БИС, но и сами элементы становятся все более сложными: увеличивается количество контактов микросхем при одновременном уменьшении расстояний между контактами. В результате задача трассировки соединений становится все более сложной, возникает острая необходимость в средствах качественного автоматизированного проектирования.

Существует два основных принципиальных подхода к автоматической трассировке печатных плат: геометрический и топологический. Первый предлагает на протяжении процесса трассировки оперировать метрикой коммутационного пространства, т.е. понятиями длина, ширина, расстояние. Второй предлагает использовать только такие понятия как: лежать слева, справа, между; обход по или против часовой стрелки.

Геометрические алгоритмы автоматической трассировки исследовали в 1960-х г.г. К.Я. Ли в 1961 г. опубликовал работу [1], в которой положил начало их активному развитию. В последующие годы появились различные их модификации.

Топологические алгоритмы трассировки начали развиваться немного позже. В 1967 г. вышла статья Г.Э. Широ [2], в которой рассмотрен частный случай трассировки в канале для двухсторонних плат, когда все проводники имеют одно направление. Р.П. Базилевич в [3, 4] предложил использовать в качестве модели триангулированное рабочее поле. Но эта модель существенно усложняет переход от укладки в топологической модели к геометрической укладке, удовлетворяющей конструктивно-технологическим ограничениям. На рис. 1 изображены рабочие поля для геометрического и топологического подходов.



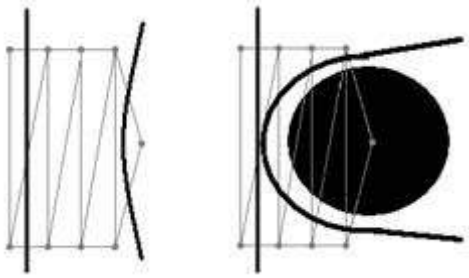
а б

Рис. 1. Разводка на дискретном рабочем поле (геометрический подход) (а); на дискретном топологическом рабочем поле (топологический подход) (б)

Задача вычисления геометрической формы проводника. Монтажное пространство печатной платы содержит компоненты с контактными площадками различной формы. Пусть на первом этапе топологического подхода были вычислены топологические пути проводников. На втором этапе в монтажном пространстве задано разбиение, называемое квазитриангуляцией [5]. Вдоль ребер квазитриангуляции, либо пересекая их, идут топологические пути проводников. Требуется по топологическому пути проводника вычислить его геометрическую форму. Полученные проводники должны иметь минимальную длину с соблюдением конструктивно-технологических ограничений.

Для упрощения изложения далее вместо квазитриангуляции будет использоваться триангуляция. Первый подход к решению задачи вычисления геометрической формы проводника предложил в 1980 г. М. Томпа [6]. Его алгоритм имеет ряд существенных ограничений: узлы компонентов упорядочены и находятся на параллельных сторонах, ширины проводников нулевые, минимальные зазоры между проводниками одинаковы. Последующие алгоритмы: Гао и др. [7], Хамы и Этоха [8], Полубасова [5], – имеют также свои ограничения.

Особенностью задачи является то, что на реальных платах зазор между контактной площадкой и проводником может быть произвольно большим, и проводник может выходить в соседние грани (рис. 2).



а б

Рис. 2. Топологический путь (а) и вычисленная форма (б) проводника могут сильно различаться

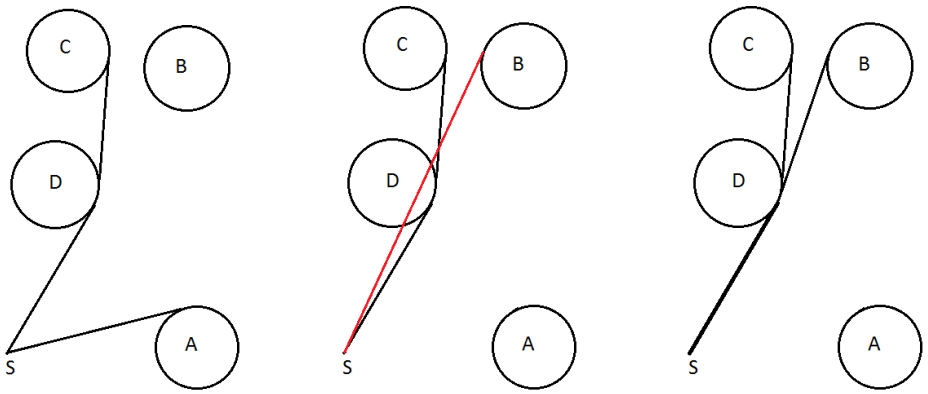
Предлагаемый подход. В работе предложен алгоритм, позволяющий вычислить геометрическую форму проводников с соблюдением конструктивно-технологических ограничений. Контактные площадки компонентов могут иметь произвольную форму, величины толщины проводников и зазоров между объектами печатного монтажа не имеют ограничений.

С каждой контактной площадкой печатного монтажа можно связать окружность некоторого радиуса, по которой проводнику *w* следует пройти. В радиус окружности включаются размеры контактной площадки, проводники, проходящие между *w* и контактной площадкой, зазоры между ними. Таким образом, гарантируется, что проводник не пройдет слишком близко к контактной площадке. Также, очевидно, что длина проводника будет минимальной, так как ближе к контактной площадке (уменьшив длину) не пройти из-за конструктивно-технологических ограничений. Оптимальная по длине форма проводника состоит из дуг построенных окружностей и отрезков общих касательных к ним.

На первом этапе алгоритма вычисляются дуги окружностей. Для этого от каждой контактной площадки распространяется волна, и в процессе ее распространения подсчитываются радиусы окружностей для каждого проводника, на форму которых контактная площадка может повлиять. Если окружность пересекает ребро триангуляции, то дуга запоминается в ассоциации с ним. Впоследствии по ребру можно будет узнать о том, что некоторый проводник выходит в соседнюю грань.

На втором этапе необходимо пройти вдоль топологических путей проводников. Путь проводника *w* пересекает грани триангуляции. С ребрами грани ассоциированы ранее вычисленные дуги окружностей. К этим радиусам необходимо прибавить зазоры и ширины тех проводников, пути которых находятся между путем проводника *w* и ребром.

Пусть дано множество окружностей (их дуг), упорядоченных вдоль топологического пути проводника. Путь идет из начальной точки в конечную, поэтому окружности можно разделить на левые и правые относительно пути. Сначала вычисляются касательные к первым левым (*D*) и правым (*A*) окружностям, проходящие через начальную точку *S* (рис. 3, а). Затем вычисляются общие касательные к этим окружностям и следующим левым и правым окружностям (касательные вычисляются отдельно для левых и правых окружностей) и т.д. Если правая касательная пересекает левую окружность (рис. 3, б), то левая касательная к ней становится частью вычисляемой формы (рис. 3, в). Алгоритм аналогичен для левой касательной.



а б в

Рис. 3. Вычисление геометрической формы проводника

Заключение. В работе предложен алгоритм, вычисляющий геометрическую форму проводника с учетом формы других объектов печатного монтажа при соблюдении конструктивно-технологических ограничений. В отличие от зарубежных аналогов алгоритм позволяет работать с объектами произвольной формы, с проводниками произвольной ширины и различными зазорами между объектами.

Предложенный подход реализован в системе автоматизированного проектирования TopoR, вычисление геометрической формы проводника учитывает и контактные площадки, расположенные на большом расстоянии от граней, пересекаемых топологическим путем проводника.

Литература

1. Lee C.I. An algorithm for path connections and its applications. – IRE Trans., 1961. – V. EC-10. – № 3. – P. 345–365.
2. Широ Г.Э. Метод проектирования печатного монтажа, основанный на эвристических принципах. – В кн.: Методы разработки схем и конструкций цифровых систем. – Ч. 2. – Л.: ЛДНТП, 1967.
3. Базилевич Р.П. Обобщенный подход к формализации задачи машинной трассировки межсоединений на плоскости. – Изв. вузов СССР. Радиоэлектроника. – 1974. – Т. 17. – № 6. – С. 98–103.
4. Базилевич Р.П. Декомпозиционные и топологические методы автоматизированного конструирования электронных устройств. – Львов: Вища школа, 1981. – 168 с.
5. Полубасов О.Б. Математические модели и алгоритмы автоматизированной разводки соединений печатных плат и БИС: диссертация на соискание ученой степени канд. тех. наук. – СПб: ЛЭТИ, 2001. – 112 с.
6. Tompa M. An Optimal Solution to a Wire-Routing Problem // Journal of Computer and System Sciences. – 1980. – V. 23. – № 2. – P. 127–150.
7. Gao S., Jerrum M., Kaufmann M., Mehlhorn K., Rulling W. and C. Storb. On continuous homotopic one layer routing // in Proc. 4th Annu. ACM Symp. Computational Geometry. – 1988. – P. 392–402.
8. Hama T. and H. Etoh. Curvilinear Detailed Routing with Simultaneous Wire-Spreading and Wire-Fattening // IEEE Transactions on computer-aided design of integrated circuits and systems. – 1999. – V. 18. – № 11. – P. 1646–1653.

Попова Евгения Владимировна
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологий,
кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии, группа 6665
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: popova_e89@mail.ru

УДК 621.385.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОДИОДОВ В ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МИКРОСКОПОВ

Е.В. Попова
Научный руководитель – ст. преподаватель С.С. Гвоздев

В настоящее время существует большое количество различных станков, приборов, измерительных комплексов и микроскопов, изготовленных в XX веке, в составе которых присутствуют элементы, не соответствующие современным требованиям и технологиям. Большое количество таких приборов успешно проходит модернизацию и в дальнейшем используется с гораздо большей производительностью, экономией и удобством для оператора (пользователя).

С постоянным техническим прогрессом все большее распространение в мире получают светодиоды или светоизлучающие диоды (LED – light emitting diodes) [1]. Появление новой элементной базы осветителей на основе светодиодов открывает широкую возможность для дальнейшего использования современных технологий в стандартной базовой измерительной технике.

Существует большое количество приборов отечественного производства, используемых в измерительных лабораториях различных фирм, у которых есть потребность в модернизации осветительных и индикаторных устройств. При модернизации осветительных устройств, лампы с малой светоизлучающей площадью (индикаторы) возможно заменить светодиодными сборками, а с большой – светодиодными модулями [3]. В каждом конкретном случае возможной модернизации прибора необходимо рассмотреть вопрос о создании специальных узлов, содержащих светодиодные сборки с целью замены ламповых источников света, с наименьшими конструктивными изменениями. Данная модернизация будет более экономически-выгодная, чем приобретение нового микроскопа производства иностранной фирмы [4].

При наличии современной светодиодной элементной базы и базовой техники, нуждающейся в модернизации остается открытым вопрос методического подхода к осуществлению процесса замены осветительных узлов на современные.

Целью работы являлось исследование возможности применения светодиодов в осветительной части измерительных микроскопов. На примере универсального измерительного микроскопа можно рассмотреть возможность использования мощных светодиодов при модернизации его некоторых осветительных ветвей [5].

В ходе работы рассмотрена возможность использования мощных светодиодов в осветительных ветвях измерительных микроскопов. Был создан рабочий макет осветителя проходящего света, произведен экспериментальный контроль температуры в рабочих условиях, подтверждающий возможность работы макета в течение некоторого времени, необходимого для проведения дальнейших исследований. Для

оптимизации работы макета необходимо произвести температурный расчет конструкции, обеспечивающей центрировку осветителя.

В процессе макетирования были произведены замеры освещенности при работе лампы накаливания и светодиодного макета, составившие 5000 лк и 3400 лк соответственно. Порядок полученных значений освещенности один и тот же, но для уточнения данных необходимо было выполнить тщательную центрировку и обеспечить точное расположение светодиодного осветителя.

Создана блок-схема алгоритма работ по замене лампового осветителя на светодиодный. Вначале алгоритма необходимо убедиться в наличии осветителя, нуждающегося в модернизации, определить его тип и характеристики, такие, как световой поток, размер тела накала, мощность, напряжение, габаритный размер. Далее необходимо обратиться к базе данных светодиодов, соответствующих основным показательным характеристикам лампового осветителя. В случае отсутствия вышеуказанной базы, необходимо создать таковую, так как при дальнейшей работе будет необходимым наличие различных вариантов светодиодов для осветителя. Из уже имеющейся базы данных необходимо выбрать конкретный, наиболее подходящий светодиод, руководствуясь, в том числе, и возможностью покупки в данном регионе. Имея конкретный светодиод, далее становится возможным создание макета осветителя. Необходимо составить принципиальную схему включения светодиода в сеть, которая, возможно, будет с определенными особенностями в различных случаях (для светодиодов с различной мощностью). В состав макета необходимо включить наиболее подходящую развитую охлаждающую поверхность для светодиода, так как есть большая вероятность нагрева мощного светодиода при включении в сеть.

Немаловажной частью алгоритма являлась проверка работоспособности макета по средствам контроля температуры в процессе макетирования. Контроль температуры производился как в условиях естественной конвекции воздуха, так и при неестественной конвекции воздуха (в смоделированных рабочих условиях светодиодного осветителя).

В случае неудовлетворительных результатов экспериментального контроля, в алгоритме предусматривался циклический возврат на стадию выбора светодиода из базы данных. При удовлетворительной рабочей температуре светодиода (вместе с развитой охлаждающей поверхностью), возможен переход к апробации макета в рабочих условиях. Макет осветителя устанавливался в место узла освещения с лампой накаливания.

Далее производилось экспериментальное сравнение освещенности в рабочих условиях. Необходимые измерения проводились при помощи стандартного люксметра и фиксировались в сводную таблицу данных. В таблице указываются показатели светодиодного макета и базовой лампы накаливания, определенные характеристики, такие, как освещенность, в данном случае, должны находиться в определенных рамках взаимозаменяемости. В случае неудовлетворительного результата макетирования, алгоритм предусматривал цикл возврата к выбору светодиода из базы данных.

При удовлетворительных результатах макетирования, следовало перейти к разработке рекомендаций по конструированию осветителя. Рекомендации могут учитывать определенные особенности конструкции, необходимой для фиксации осветителя в корпусе микроскопа и размеры, форму и другие показатели развитой охлаждающей поверхности, так как в процессе базирования осветителя, форма самого осветителя имеет большое значение. После разработки рекомендаций осуществлялся выход на процесс проектирования и внедрения разработки в процесс производства.

Данный алгоритм позволит производить работы по расширению возможностей оптических измерительных приборов.

Литература

1. Новые светодиоды Sharp: [Электронный ресурс]: Сайт журнала «Электроника» – М. – Режим доступа: http://www.electronics.ru/issue/2009/2/2.
2. Елисеев И. Обзор светодиодной продукции компании Cree // Информационно-технический журнал «Новости электроники». – 2009. – № 9 (73). – С. 5–12.
3. Попова Е.В. Возможности использования светодиодных конструкций в измерительных приборах // Сборник тезисов докладов конференции молодых ученых. Труды молодых ученых. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – Вып. 2. – С. 55–57.
4. Попова Е.В. Модернизация осветительной части биологического микроскопа сравнения // Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ бакалавров и специалистов СПбГУ ИТМО. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – С. 38–39.
5. Попова Е.В. О возможности использования мощных светодиодов в осветительных ветвях измерительных микроскопов // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Труды молодых ученых. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – Вып. 1. – С. 89–90.

Абдршин Альберт Наильевич
Год рождения: 1989
Факультет фотоники и оптоинформатики,
кафедра оптоинформационных технологий и материалов,
группа 6351
Направление подготовки:
200700 Фотоника и оптоинформатика
e-mail: myltitabs@mail.ru

УДК 535.33; 535.372; 535.354

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ СТЕКЛОКЕРАМИКИ ДЛЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ

А.Н. Абдршин
Научный руководитель – к.ф.-м.н., ассистент В.А. Асеев

В современном промышленном производстве наиболее распространенными (~60% от общего количества измеряемых величин) являются измерения температуры. Среди разнообразия средств контроля температуры можно выделить две основные категории – электрические и оптические. Оптические датчики применяются, например, для измерения температуры на больших расстояниях и в сильных электромагнитных полях, чего нельзя добиться при использовании электрических термопреобразователей в связи с большой вероятностью возникновения эффекта «электрического пробоя». Также значительным преимуществом оптических датчиков по сравнению с термоэлектрическими преобразователями является помехозащищенность, компактность измерительного устройства и его удаленность от исследуемого объекта.

К настоящему времени разработано несколько типов датчиков температуры, основанных на люминесцентных принципах. В основе этих датчиков лежат в основном следующие эффекты:

– температурное смещение максимума полосы люминесценции по спектру;

– температурное перераспределение энергии по возбужденным уровням, приводящее к перераспределению интенсивности свечения в близко расположенных полосах люминесценции при изменении температуры;
– изменение времени затухания люминесценции при изменении температуры.

Эти эффекты наблюдаются для ионов редких земель (например, эрбий, неодим, диспрозий) или переходных металлов (например, хром), находящихся в кристаллическом или стеклообразном окружении.

Использование кристаллических материалов дополнительно усложняет конструкцию датчика, поскольку она подразумевает одновременное использование оптического волокна для доставки возбуждающего излучения и приема регистрируемого сигнала и активного кристалла, выполняющего роль термочувствительного элемента. В этой конструкции стыковка термочувствительного активного кристалла с волокном производится методом склейки. Поскольку длина активного кристалла ограничена несколькими миллиметрами, соединение с оптическим волокном (склейка) как правило, находится в зоне повышенных температур или в зоне больших градиентов температур. Это сказывается на надежности датчиков при их эксплуатации при высоких температурах (более 200°C). Замена такой конструкции на «чисто волоконный вариант», состоящего только из активного кристаллического волокна, невозможна, поскольку технологии вытяжки волокон из перечисленных кристаллов пока не разработаны.

В настоящее время прозрачные стеклокерамики представляют большой интерес для создания волоконных температурных люминесцентных сенсоров. Занимая промежуточное положение между кристаллическими материалами и стеклами, стеклокристаллические материалы объединяют в себе лучшие свойства кристаллов – высокую механическую и термическую прочность (чего нет у стекол) и лучшие характеристики стекол – возможность прессования и формования, возможность вытяжки оптического волокна, проведения ионного обмена для создания волноводных структур (чего нет у кристаллов). Если активатор (например, хром, эрбий, иттербий, и т.д.) входит в кристаллическую фазу, то спектрально-люминесцентные и лазерные характеристики стеклокерамики могут быть близки к характеристикам лазерных кристаллов-аналогов [1]. Таким образом, стеклокерамики позволяют создавать оптические волокна и планарные волноводы с новыми, уникальными оптическими свойствами, которые могут быть использованы для создания волоконно-оптических датчиком температуры.

Целью работы являлось исследование температурной зависимости ап-конверсионной люминесценции и времени затухания люминесценции в стеклокерамиках, активированных ионами неодима и хрома.

В ходе эксперимента были измерены времена жизни люминесценции хрома в наностеклокерамиках, полученных при температурах 650°C и 700°C в температурном диапазоне 25–450°C, также добавлено значение времени жизни измеренное при –198°C (жидкий азот). Данные зависимости имеют экспоненциальный характер, что позволяет использовать их в качестве градуировочных кривых при построении люминесцентных датчиков температуры.

Также на основе экспериментальных данных были рассчитаны соотношения значений интенсивности люминесценции на выбранных длинах волн (890 и 1064 нм для неодима и 523 и 547 нм для эрбия) для каждого значения температуры во всем исследуемом температурном диапазоне как для образцов с различной концентрацией ионов неодима, так и для образцов с различным временем вторичной термообработки.

Далее была рассчитана сравнительная чувствительность исследуемых образцов, с целью выявления наиболее подходящего материала для изготовления люминесцентных

датчиков температуры. Было показано, что стеклокерамика, активированная ионами неодима, показала результаты, делающие данный материал непригодным для создания температурных сенсоров, в отличие от стеклокерамик, активированных хромом и эрбием, продемонстрировавших чувствительность, сопоставимую с существующими аналогами, что делает их перспективными материалами для создания люминесцентных датчиков температуры.

Литература

1. Колобкова Е.В., Мелехин В.Г., Пенигин А.Н. Оптическая стеклокерамика на основе фторосодержащих силикатных стекол, активированных редкоземельными ионами // Физ. и хим. стекла. – 2007. – Т. 33. – № 1. – С. 11–18.

Алёхин Артём Андреевич
Год рождения: 1989
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра оптико-электронных приборов и систем,
группа 6311
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
e-mail: temka-pk@mail.ru

УДК 535.65, 53.08

РАЗРАБОТКА УЗЛА РЕГИСТРАЦИИ ДЛЯ ЦВЕТОВОЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА РУД ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

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

На сегодняшний день в связи со стабильным спросом на драгоценные металлы и камни, при неуклонном снижении качества добываемых руд, актуальным является поиск и внедрение все более эффективных современных методов обогащения. Фотометрический метод, основанный на анализе цветовых характеристик объектов анализа в реальном времени, является одним из наиболее динамично развивающихся радиометрических методов сортировки различных продуктов и материалов. Наиболее широко на мировом рынке фотометрического обогатительного оборудования сегодня представлены сортировщики немецких фирм ALIUD GmbH (сепараторы Optosort), Mogensen GmbH (сепараторы MikroSort) и др.

Проблема заключается в том, что подобные сортировочные комплексы имеют высокую стоимость, а методика предварительной оценки обогатимости руд твердых полезных ископаемых фотометрическим методом отсутствует. Другими словами на настоящий момент невозможно оценить возможность и эффективность обогащения того или иного типа руды фотометрическим методом без прямого опробования на конкретной модели сепаратора выбранного производителя. Указанное обстоятельство только добавляет неопределенности в понимание реальных возможностей метода и является причиной отторжения потенциальных заказчиков. Таким образом, актуальным является создание портативного оптико-электронного аналитического комплекса для экспресс-анализа руд твердых полезных ископаемых. В настоящей работе приведены

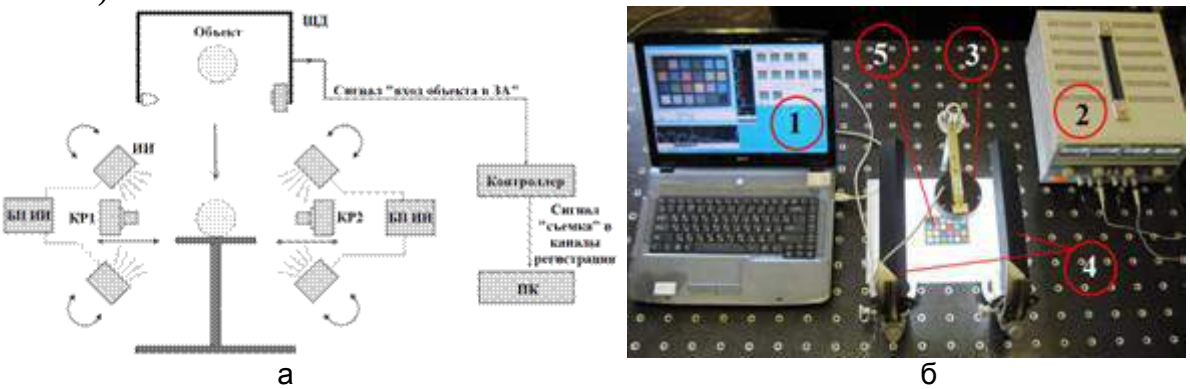
результаты разработки одного из ключевых узлов подобного аналитического комплекса, определяющие алгоритм работы системы и, в конечном итоге, его конструкцию, – узла регистрации оптико-электронной системы экспресс-анализа (ОЭСЭА) руд твердых полезных ископаемых. Конкретными задачами для достижения цели являлись:

- детальное описание задачи, условий работы ОЭСЭА руд твердых полезных ископаемых и связанных с ними особенностей конструкции узла регистрации;
- исследование процесса преобразования оптического сигнала в системах технического зрения и методов его анализа;
- разработка принципа действия и структурной схемы узла регистрации ОЭСЭА;
- разработка конструкции макета узла регистрации ОЭСЭА;
- сборка макета узла регистрации;
- исследование особенностей настройки узла регистрации на собранном макете;
- экспериментальные исследования макета.

Была разработана структурная схема узла регистрации и, в целом, принцип действия процесса регистрации и синхронизации. Определены режимы работы камеры в статичном и динамическом режимах. Принцип действия системы регистрации поясняется на рис. 1, а. Необходимо реализовать два способа доставки образца в зону анализа. Первый – образец пробрасывается через входное окно устройства (динамический стенд). Второй – объект устанавливается в зону анализа, затем проводится анализ (статичный стенд). Большинство сепараторов реализуют двусторонний анализ. В связи с этим в схеме на рис. 1, а, присутствует также два канала регистрации, состоящие из камер (КР1, КР2). С каждой стороны стоит по паре излучателей, которые освещают рабочую зону, питаются от блока питания источников излучения (БПИИ).

Камеры могут изменять свое положение вдоль визирной оси относительно зоны анализа (ЗА), что необходимо для работы с обширным диапазоном крупности образцов. В случае статичного стенда объект устанавливается в ЗА и производится регистрация. В динамическом же режиме (при пробросе объекта) возникает необходимость синхронизации момента входа образца в ЗА с моментом съемки. Предпочтительнее это реализовать с помощью щелевого датчика (ЩД). ЩД регистрирует проброс и подает сигнал на контроллер, который запускает съемку камеры и она сохраняет кадр или серию кадров.

Для экспериментальных измерений был разработан и собран исследовательский макет (рис. 1, б), на котором указано: 1 – ПК, производящий обработку изображения; 2 – источник питания подсветки; 3 – ТВ-камера ЭВС VEI-545; 4 – источники освещения зоны анализа; 5 – объект (в данном случае это колориметрическая таблица Munsell).



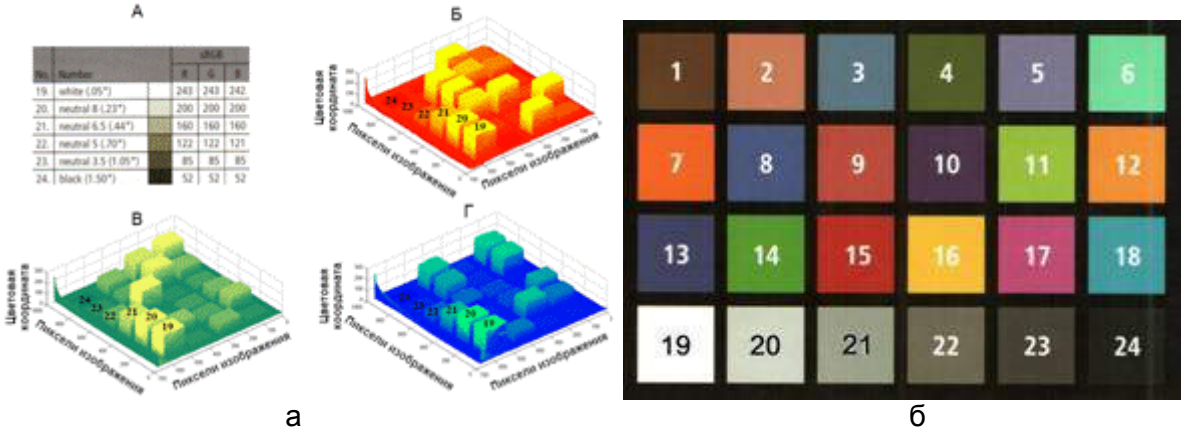
а б

Рис. 1. Принцип действия ОЭСЭА (а); макет узла регистрации (б)

В ходе работы также разработаны методики экспериментов и проведены следующие исследования:

1. оценка цветопередачи камеры VEI-545 фирмы ООО «ЭВС»;
2. определение зависимости цветовых координат R, G, B от механизмов цветокоррекции, доступных в программе-драйвере для разработки полной адаптивной методики цветовой настройки камеры;
3. определение заполненности ТВ-кадра изображением минерального образца при различных размерах объекта и рабочих расстояниях, а также параметрах объектива.

В рамках первого исследования на макете (рис. 2, а) было определено качество цветопередачи ТВ-камеры VEI-545 при автонастройках. Цветовая таблица освещалась источниками освещения, производилась съемка и затем в среде MATLAB было произведено извлечение и построение цветовых составляющих в каждом из RGB каналов (рис. 2, б).



а б

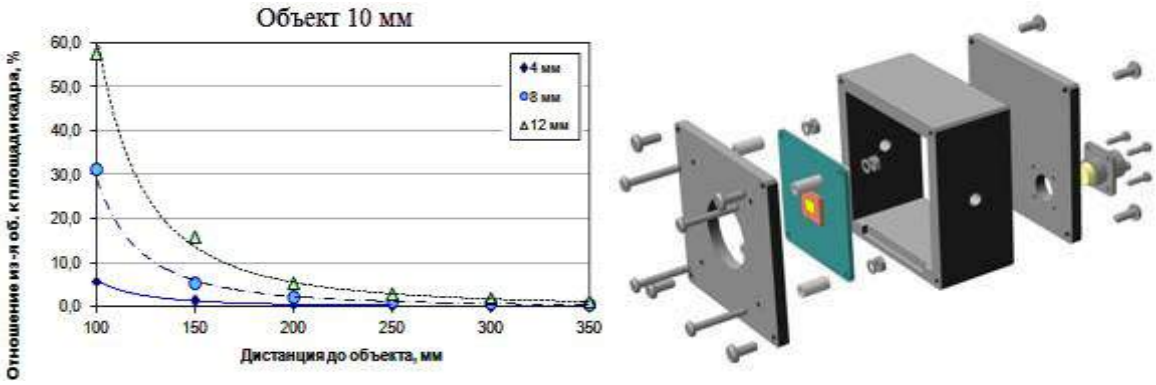
Рис. 2. Цветовые поверхности: А – эталонные координаты; Б – канал красного; В – зеленого; Г – синего (а) и цветовая таблица с нумерацией оттенков (б)

Выяснилось, что эталонные цветовые координаты (рис. 2, а, А) и экспериментально измеренные (рис. 2, а, Б, В, Г) не совпадают, отсюда и был сделан вывод о колориметрически неправильной цветопередаче. На основании проведенного исследования была разработана базовая методика цветовой настройки камеры.

В рамках второго исследования сформирована база данных зависимости измеренных цветовых координат в изображении оттенков с целью последующего анализа и разработки адаптивной методики настройки. Зависимости снимались для оттенков: № 15, № 14, № 13, № 19, № 22, № 24 цветовой таблицы (рис. 2, б). Программное обеспечение (ПО) OSC16 позволило измерить цветовые координаты в вышеуказанных оттенках при пошаговом изменении каждого из 6 механизмов цветокоррекции (яркость, контраст, четкость, баланс красного, баланс синего, насыщенность), доступных в программе-драйвере. После анализа результатов выяснилось, что каждый механизм настройки в драйвере влияет на цветность по своему, некоторые – вовсе не оказывают эффекта на цветность. Параметр яркости служит для компенсации постоянной составляющей ошибки оцифровки цветного изображения узлом регистрации ОЭСЭА, параметр насыщенности определяет разброс координат относительно значений уровня серого. Данный параметр имеет смысл использовать в адаптивной настройке в качестве определения динамического диапазона изменения возможных цветовых оттенков [1], баланс красного можно использовать при адаптивной настройке как калибровочный механизм цветовых координат красного цвета, так как он напрямую влияет на него и не оказывает существенного влияния на остальные цветовые координаты. Механизм баланса синего действует аналогично, параметр контраста определяется классическим определением контраста изображения.

Он может быть рассчитан для определенных условий наблюдения образца минерального сырья. Четкость изображения, как стало ясно, на всем диапазоне изменения существенного влияния на цветовые координаты не оказывает. В целом методика адаптивной настройки сводится к подбору оптимального сочетания баланса красного канала цветности и баланса синего канала цветности относительно сигналов зеленого канала цветности. Такая настройка может осуществляться методом последовательных приближений.

В рамках третьего исследования были определены условия, при которых изображение объекта в кадре составляло 25% и более относительно всего кадра. Сформирована база данных снимков анализируемого объекта размером 10–100 мм при использовании разных параметров объектива и рабочих расстояний, а разработанное в среде MATLAB ПО, позволило определить значение заполненности кадра изображением объекта и построить соответствующие зависимости. Типичный график зависимости показан на рис. 3, а – зависимость заполненности кадра изображением объекта размером 10 мм при различных дистанциях и фокусных расстояниях объектива. Кроме того, разработана корпусная часть узла регистрации (рис. 3, б).



а б

Рис. 3. Зависимость заполненности кадра изображением объекта размером 10 мм от дистанции до него при фокусных расстояниях 4, 8, 12 мм (а) и модель корпуса камеры ОЭСЭА (б)

На основании проведенного аналитического обзора была разработана структурная схема ОЭСЭА; определены особенности конструкции и режимы работы узла регистрации для реализации цветового анализа неподвижных и движущихся объектов; разработана конструкция исследовательского макета; выявлена и исследована проблема некорректной цветопередачи, показавшая невозможность использования автоматических настроек программы-драйвера камеры для реализации адекватного цветового анализа минеральных объектов; разработана методика адаптивной настройки узла регистрации ОЭСЭА под особенности анализируемых сложных минеральных объектов и возможные изменения условий эксплуатации; разработаны рекомендации по выбору параметров функционирования ОЭСЭА для обеспечения оптимального режима работы (фокусное расстояние объектива, расстояние до зоны анализа, размер анализируемого объекта).

В дальнейшем предполагается реализация макета ОЭСЭА по предложенной схеме: создание устройства синхронизации, разработка дополнительных деталей конструкций, создание полноценной адаптивной методики цветовой настройки камер и отработка ее уже на минеральных пробах. Конечная цель реализации подобной схемы – создание фотометрического комплекса для экспресс-анализа руд полезных ископаемых. Ее мог бы использовать геолог, заранее определяя применимость

фотометрического метода для обогащения руд твердых полезных ископаемых того или иного типа.

Литература

1. Алехин А.А., Горбунова Е.В., Коротаев В.В., Чертов А.Н. Основные принципы настройки цветовых оптико-электронных систем технического зрения промышленного назначения // Изв. вузов. Приборостроение. – 2012. – № 4. – С. 33–36.

Богатырев Анатолий Владимирович
Год рождения: 1989
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа 6111
Направление подготовки:
230100 Информатика и вычислительная техника
e-mail: gangleon@gmail.com

УДК 681.3

МОДЕЛЬ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНО НЕОДНОРОДНЫХ КЛАСТЕРНЫХ СИСТЕМ

А.В. Богатырев
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.А. Ожиганов

Рост сложности современных вычислительных систем обусловливает актуальность исследований и разработок, направленных на обеспечение надежности и отказоустойчивости систем, особенно функционирующих в реальном масштабе времени.

Цель исследования. Построение высоконадежных отказоустойчивых систем кластерной архитектуры с функциональной неоднородностью серверов при оптимизации структуры объединения серверов в кластерные группы.

Для достижения поставленной цели в магистерской работе:

- определены рациональные варианты формирования кластерных групп при заданном наборе серверов различной функциональности;
- оценена надежность и производительность кластерной системы с учетом вариантов комплектования кластерных групп функционально неоднородными серверами [1];
- проведена оптимизация структуры системы, в результате которой определен состав и число кластерных групп различной функциональной комплектации, обеспечивающих минимум стоимости реализации системы при выполнении заданных требований по надежности;
- рассмотрены варианты построения и оценена надежность резервированной многоуровневой древовидной коммутационной подсистемы для взаимосвязи между кластерами, с учетом роста числа портов коммутационных узлов при увеличении кратности их резервирования [2].

Методы исследования основаны на использовании математического аппарата теорий вероятностей, надежности, массового обслуживания и принятия решений.

При построении систем на основе n типов функционально различных серверов проанализированы варианты формирования кластерных групп с объединением:

- однотипных по функциональному назначению серверов;

– разнотипных по функциональному назначению серверов всех *n* типов;
– разнотипных по функциональности серверов при их полном функциональном наборе в каждой кластерной группе;
– разнотипных по функциональности серверов при их неполном функциональном наборе в каждой кластерной группе, с функциональной пересекаемостью различных кластерных групп;
– разнотипных по функциональности серверов при их неполном функциональном наборе в каждой кластерной группе, с функциональной не пересекаемостью различных кластерных групп.

Выбор рациональных вариантов объединения серверов по кластерным группам проведен с учетом минимизации среднего времени пребывания запросов различных функциональных типов, максимизации надежности и сглаживания влияния отказов серверного и коммуникационного оборудования на снижение функциональности, надежности и производительности системы.

Показано, что при тех же затратах на реализацию системы, ее надежность зависит не только от надежности и кратности резервирования серверов, но и от вариантов их объединения в кластерные группы, при этом предпочтительней комплектация кластерных групп серверами разного функционального назначения.

Литература

1. Богатырев В.А., Богатырев С.В., Богатырев А.В. Оптимизация кластера с ограниченной доступностью кластерных групп // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 1(70). – С. 63–67.
2. Богатырев В.А., Богатырев С.В., Богатырев А.В. Оптимизация многоуровневой сети при вариантности коммутационных узлов // Международная конференция «Стратегия качества в промышленности и образовании». – Варна, Болгария. – 2011. – Т. 1. – С. 510–513.

Брунов Вячеслав Сергеевич
Год рождения: 1988
Факультет фотоники и оптоинформатики,
кафедра оптоинформационных технологий и материалов,
группа 6351
Направление подготовки:
200700 Фотоника и оптоинформатика
e-mail: brunov@oi.ifmo.ru

УДК 681.7.063

СОЗДАНИЕ ФОТОИНДУЦИРОВАННЫХ БРЭГГОВСКИХ ДИФРАКЦИОННЫХ РЕШЕТОК ДЛЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОПТИКИ И ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В.С. Брунов
Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Н.В. Никоноров

Большое количество оптических устройств интегральной оптики и волоконно-оптических систем построены на принципе использования брэгговских дифракционных структур. Одним из наиболее перспективных материалов для их создания в интегральной оптике является кристалл ниобата лития, так как сильно выраженные электрооптические, пьезооптические и нелинейно-оптические свойства кристалла

могут быть использованы для управления и перестройки. Также с разработкой и внедрением образцов фоторефрактивного оптического волокна появилась возможность фотоиндуцировать брэгговские решетки непосредственно в сердцевине волокна с последующим их использованием. Существуют несколько достаточно эффективных технологий записи решеток непрерывным лазерным излучением [1], но в последнее время большой интерес связан с исследованиями модификации оптических свойств материалов при импульсном излучении [2].

В схеме непрерывной записи Nd: YAG лазером $\lambda = 532$ нм записана 100% брэгговская решетка показателя преломления, с брэгговской длиной волны $\lambda_{Бр} = 1538{,}27$ нм, имеет полуширину $\Delta\lambda_{FWHM} = 0{,}36$ нм, период решетки $\Lambda = 348$ нм. В данной схеме записи требуется наличие системы стабилизации**,** а запись решетки поперек *c* для достижения максимального электрооптического эффекта невозможна. В связи с этим интересно использовать принципиально другой, не электрострикционный механизм образования решетки. В схеме импульсной записи KrF эксимерным лазером $\lambda = 248$ нм были записаны две различные структуры – решетка показателя преломления с амплитудой $\Delta n = 3{,}6 \cdot 10^{-4}$, толщиной $T = 1{,}6 \cdot 10^{2}$ мкм, периодом решетки $\Lambda = 1$ мкм (период маски), записанная при 100 мДж/см^2 и поверхностная периодическая решетка с амплитудой $\Delta n = 1{,}2$, толщиной $T = 31{,}3$ нм, периодом $\Lambda = 1$ мкм. В данной схеме была реализована запись волоконных брэгговских решеток в фоторефрактивном анизотропном оптоволокне с эллиптической напрягающей оболочкой с концентрацией германия 8%, 12%, 16% и 18%. С увеличением энергии в импульсе монотонно растет модуляция наведенного показателя преломления с переходом решеток от I ко II типу. Во всех используемых волокнах были записаны решетки обоих типов. В волокне с 16% германия записана решетка I типа с отражением $R = 10{,}1\%$, $\lambda_{Бр} = 1557{,}21$ нм и $\Delta\lambda_{FWHM} = 0{,}19$ нм и решетка II типа $R = 100\%$, $\lambda_{Бр} = 1554{,}2$ нм и $\Delta\lambda_{FWHM} = 1{,}32$ нм.

В ходе эксперимента были записаны брэгговские решетки в ниобате лития и фоторефрактивном оптоволокне, используя непрерывное лазерное излучение и в импульсном режиме записи. Измерены спектры пропускания, определены дифракционные и физические параметры, проведены исследования морфологии записанных микроструктур. Полученные результаты могут найти применение при создании таких устройств интегральной оптики и волоконно-оптических сетей, как узкополосные перестраиваемые оптические фильтры, электрооптические модуляторы, аттенюаторы, мультиплексоры и датчики различных физических величин.

Литература

1. Shamray A.V., Ilichev I.V., Kozlov A.S., Petrov V.M. Controllable Holographic Optical Filters in Photorefractive Crystals // Journal of Holography and Speckle. – 2009. – V. 5. – P. 1–10.
2. Ho Sze Phing, Jalil Ali, Rosly Abdul Rahman, Saktioto. Growth dynamics and characteristics of fabricated Fiber Bragg Grating using phase mask method // Microelectronics Journal. – 2009. – V. 40. – P. 608–610.

Быковская Елена Александровна
Год рождения: 1986
Естественнонаучный факультет, кафедра экологического приборостроения и мониторинга, группа 6713
Направление подготовки:
280200 Защита окружающей среды
e-mail: brownies@mail.ru

УДК 502.656

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ОЧИСТКИ РЕК И КАНАЛОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА ОТ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Е.А. Быковская
Научный руководитель – д.т.н., профессор Л.А. Конопелько

Работа выполнена по заданию Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности.

В работе была изучена экологическая обстановка рек и каналов Санкт-Петербурга и определены приоритетные загрязнители акватории города [1, 2]. В настоящее время в Санкт-Петербурге не развита система постоянного мониторинга всех водных объектов и находящихся в них донных отложений. Таким образом, была поставлена задача, исследовать количественное содержание тяжелых металлов (ТМ), как одних из опаснейших поллютантов, для обоснования необходимости контроля загрязняющих веществ в донных отложениях и проведения очистных мероприятий.

В работе были изучены методы определения ТМ в донных отложениях. Особое внимание было уделено мышьяку и сурьме, так как они являются одними из приоритетных загрязняющих веществ урбанизированных ландшафтов, и потому их определение является обязательным при проведении экологических и санитарно-гигиенических оценок уровня загрязнения донных отложений [3]. Существуют различные инструментальные методы определения содержания этих элементов [4]. Однако большинство из них не могут обеспечить возможность определять фоновые концентрации искомых элементов и отличаются большой трудоемкостью. Был сделан вывод о необходимости совершенствования методов определения ТМ за счет применения метода атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (АЭС-ИСП) совместно с методом генерации гидридов, а также разработки новой методики измерений для определения токсичных металлов в донных отложениях.

В результате экспериментальных исследований были подобраны режимы работы спектрометра. Эксперимент показал преимущество применения метода АЭС-ИСП совместно с методом генерации гидридов, так как при концентрации мышьяка в растворе менее 0,5 мг/дм^3 его обнаружение без использования генератора гидридов невозможно. Спектры образцов, полученные без подключения генератора гидридов, представляют собой сплошную линию шумов (рис. 1).

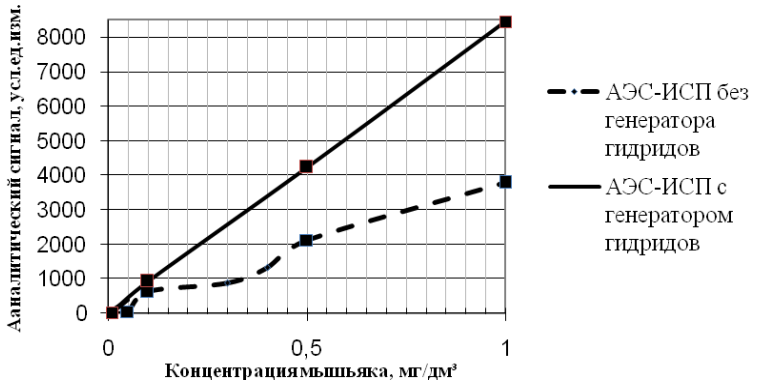


Рис. 1. Градуировочные графики двух режимов работы спектрометра

В результате исследований разработана новая методика измерений мышьяка и сурьмы в пробах донных отложений на основе метода АЭС-ИСП с генерацией гидридов. Диапазон измерений массовой доли мышьяка и сурьмы 0,05–100 мг/кг, погрешность ±25%. Проанализированы пробы донных отложений рек и каналов Санкт-Петербурга, которые представлены на рис. 2.

Рис. 2. Исследуемые реки и каналы Санкт-Петербурга

Выявлены самые загрязненные объекты и основные источники техногенной нагрузки. Доказана необходимость контроля внутригодовой и многолетней динамики состояния донных отложений для составления надежных прогнозов изменения качества воды и состояния экосистем, и составление плана мероприятий по проведению дноочистительных работ. Проведен анализ современной системы мониторинга донных отложений в Санкт-Петербурге, даны рекомендации по ее совершенствованию [5]. Обоснована необходимость мероприятий по очистке рек и каналов Санкт-Петербурга от донных отложений.

Практическое значение диссертационного исследования заключено в возможности разработки постоянной системы мониторинга донных отложений в водотоках Санкт-Петербурга. Результаты исследования и разработанная методика так

же могут быть рекомендованы к использованию в деятельности ВУЗа и аналитических лабораторий.

Литература

1. Водные объекты Санкт-Петербурга / Под редакцией С.А. Кондратьева, Г.Т. Фрумина. – СПб: Символ, 2002. – 348 с.
2. Экологическая обстановка в Санкт-Петербурге / Под редакцией Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина. – СПб: ФормаТ, 2004. – 781 с.
3. Перевозников М.А., Богданова Е.А. Тяжелые металлы в пресноводных экосистемах. – СПб: ГосНИОРХ, 1999. – 228 с.
4. Линник Р.П., Линник П.Н., Запорожец О.А. Методы исследования сосуществующих форм металлов в природных водах (Обзор) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nbuv.gov.ua/portal/, свободный. Яз. рус., укр. (дата обращения 25.01.2011).
5. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2010 году / Под редакцией Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина. – СПб: Сезам, 2011. – 515 с.

Вакуленко Анатолий Дмитриевич
Год рождения: 1987
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра оптико-электронных приборов и систем, группа 6311
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
e-mail: Voron5266@yandex.ru

УДК 535.3, 535.6

РАЗРАБОТКА ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ УФ ДИАПАЗОНА ДЛЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ЦВЕТОВОГО АНАЛИЗА ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ МИНЕРАЛОВ

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

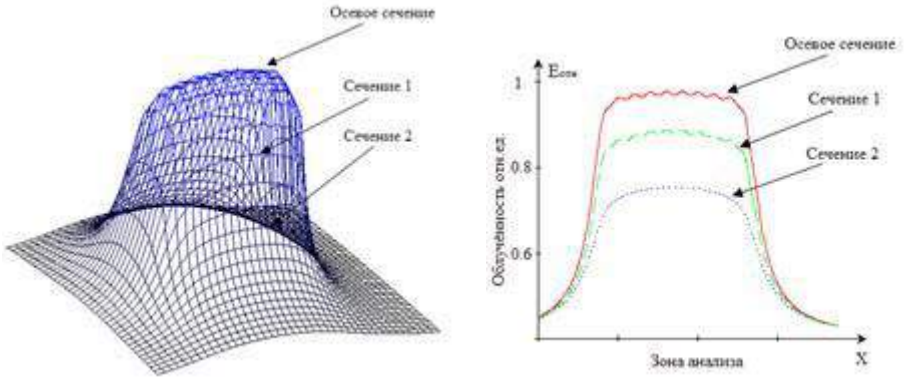
На сегодняшний день ультрафиолетовое излучение широко применяется в минералогии для возбуждения люминесценции минералов. Люминесцировать могут самые разные минералы, и цвет люминесценции может являться одним из селективных признаков их разделения при обогащении или качественной оценке. **Целью работы** являлось создание многокомпонентных источников ультрафиолетового (УФ) излучения с различным расположением элементов для возбуждения люминесценции минералов и ее последующего анализа в автоматическом режиме посредством оптико-электронных систем.

Для моделирования разрабатываемого многоэлементного источника предложено математическое выражение для расчета распределения облученности зоны анализа:

$$E(x, y) = \sum_n \left[\sum_k E(x - na, y - ka) \right], \quad (1)$$

где n и k – число элементов в матрице; a – расстояние между источниками; $E(x - na, y - ka)$ – облученность зоны анализа от каждого элемента матрицы в зависимости от его расположения. Таким образом, были смоделированы

пространственные распределения облученности зоны анализа для функций, которые представлены на рис. 1. Необходимо отметить, что при разработке моделей учитывались энергетические особенности отдельных элементов матрицы и не учитывались спектральные.



а б

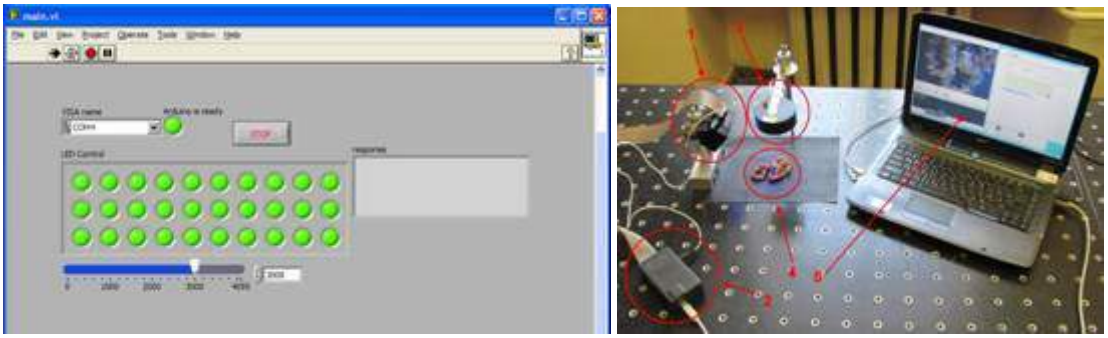
Рис. 1. Модели облученности зоны анализа от матрицы точечных источников (а), а также график распределения облученности от матрицы точечных источников (б) в различных сечениях

УФ источник светодиодный (УФИС) – это многоэлементная линейка излучающего диода (ИД) размером 3×10 элементов с расстоянием 7,62 мм друг от друга. Разработанный макет УФИС состоит из двух блоков: блок А – блок ИД-излучателей, блок Б – блок схемы управления (БСУ). Блоки и общий вид УФИС представлены на рис. 2.

а б в

Рис. 2. УФИС: блок А, блок ИД-излучателей (а); блок Б, БСУ (б); общий вид УФИС (в)

Электрическая схема УФИС позволяет регулировать яркость каждого элемента источника. Управление производиться через кабель USB 2.0 посредством программного обеспечения, разработанного на базе среды программирования Lab View. Screenshot окна программного обеспечения для управления источника излучения (ИИ) представлен на рис. 3, а. В данной среде достаточно выбрать элементы, предназначенные для управления и требуемую яркость.



а б

Рис. 3. Программное обеспечение для управления блоком источников излучения (а); экспериментальная установка по возбуждению люминесценции минералов (б)

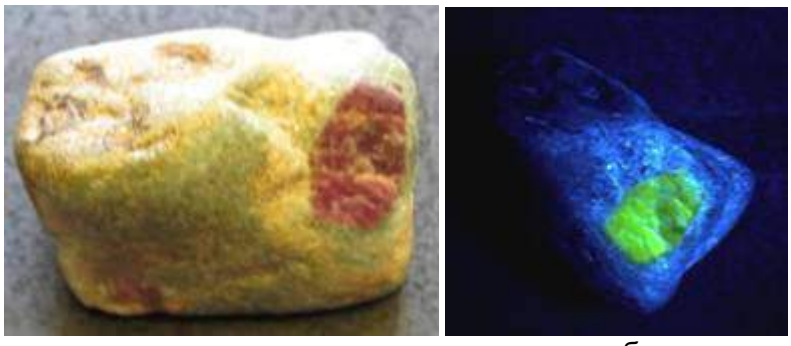
На базе разработанного макета УФИС была создана экспериментальная установка, представленная на рис. 3, б, с помощью которой были проведены экспериментальные исследования по возбуждению люминесценции образцов янтаря, рубина, галенита (свинцового блеска), хризоберилла зеленого и мусковита. В состав установки входят: 1 – УФИС блок А; 2 – УФИС блок Б; 3 – видеокамера ЭВС VEI-545; 4 – исследуемый образец; 5 – персональный компьютер. Полученные результаты показали высокую степень совпадения с теоретическими данными о цвете люминесценции исследованных минералов [2–4].

Первым исследуемым образцом-минералом являлся янтарь. Вторичным излучением янтаря согласно теоретическому описанию является излучение в зеленой области спектра [2, 3]. На рис. 4 представлены данные, полученные в ходе эксперимента.

а б

Рис. 4. Экспериментальные данные по возбуждению люминесценции янтаря: янтарь под обычным дневным излучением (а); цвет янтаря под ультрафиолетовым излучением (возбуждение люминесценции) (б)

Вторым исследуемым в ходе экспериментов образцом являлся рубин. Люминесценция рубина согласно теоретическому описанию – излучение в красной области спектра [2, 4]. На рис. 5 представлены данные, полученные в ходе эксперимента.

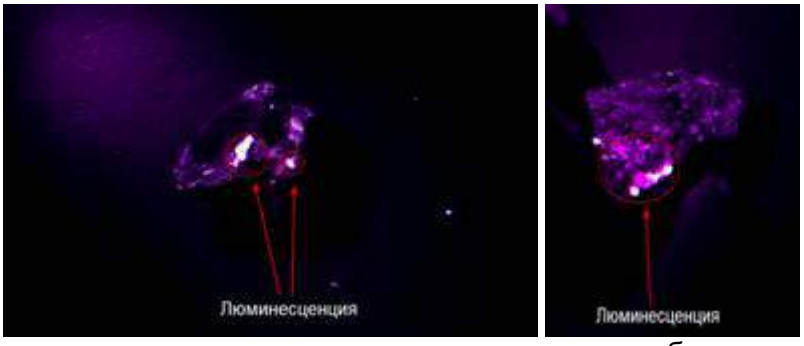


а б

Рис. 5. Экспериментальные данные по возбуждению люминесценции рубина: рубин под обычным дневным излучением (а); цвет рубина под ультрафиолетовым излучением (возбуждение люминесценции) (б)

Следует отметить, что в теоретическом описании цвет люминесценции данного образца представлен, как излучение в красной области видимого диапазона спектра. В результате эксперимента данное излучение было получено, однако, на рис. 5, б, люминесценция рубина в породе явно приобретает выраженное излучение в желтой спектральной области. Данное явление говорит о неправильной цветопередаче, используемой в ходе эксперимента видеокамеры. Этот эффект требует дополнительного рассмотрения и устранения, не входящего в данную работу.

Также в ходе данной работы возбуждение люминесценции производилось еще у трех видов образцов минералов: мусковит, галенит (свинцовый блеск) и хризоберилл зеленый. Люминесценция первых двух представлена на рис. 6, а (мусковит) и рис. 6, б (галенит).



а б

Рис. 6. Люминесценция минералов, вызванная в результате эксперимента: мусковит (а); галенит (б)

Следует отметить, что люминесценция у этих образцов была вызвана частично. Вторым важным фактором является то, что ни один из этих минералов не люминесцентен по своей природе. Таким образом, в ходе эксперимента удалось выявить примеси в данных образцах, которые под обычным дневным излучением не наблюдались в составе данных минералов.

Приоритетным направлением дальнейших исследований является создание более сложной модели источника, содержащего излучающие диоды с пиковыми длинами волн 260, 285, 325, 365 и 405 нм, для реализации исследований избирательной люминесценции минералов в ультрафиолетовом диапазоне длин волн с целью определения оптимальных признаков их разделения. Указанная схема построения и управления источником хотя и является более сложной по конструктивному исполнению, позволит, с одной стороны, вызвать люминесценцию у большего количества минералов, а с другой стороны, разделить их, в случае совпадения цвета люминесценции, на классы.

Литература

1. Вакуленко А.Д. О возможностях создания УФ источника излучения для решения задач цветового анализа минералов по их люминесценции // Сборник тезисов докладов конференции молодых ученых. – Вып. 2. – Труды молодых ученых. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – С. 77.
2. Горобец Б.С., Рогожин А.А. Спектры люминесценции минералов. – М.: ВНИИМ, 2001. – 316 с.
3. Гришаева Т.И. Методы люминесцентного анализа: Учебное пособие для вузов. СПб: АНО НПО «Профессионал», 2003. – 226 с.
4. Гармаш А.В. Введение в спектроскопические методы анализа. Оптические методы анализа. – М., 1995. – 38 с.

Ведяков Алексей Алексеевич
Год рождения: 1989
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра систем управления и информатики, группа 6147
Направление подготовки:
220400 Управление в технических системах
e-mail: vedyakov@gmail.com

УДК 681.513.675

АДАПТИВНЫЕ И РОБАСТНЫЕ АЛГОРИТМЫ КОМПЕНСАЦИИ ВНЕШНИХ ВОЗМУЩЕНИЙ

А.А. Ведяков
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.А. Бобцов

Грант РФФИ № 09-08-00139-а, государственные контракты № П127, № 2.1.2/6326 и № 8576р/13906.

На объект управления в реальных технических системах в зачастую действует некое возмущающее воздействие. Компенсация возмущения, приложенного к системе, является классической задачи теории автоматического управления. Несмотря на это, реализация на практике предлагаемых подходов зачастую невозможна по причине наличия в реальных системах определенных особенностей, которые надо учитывать при синтезе закона управления. Во-первых, в силу ограниченности быстродействия отдельных компонентов системы, инерционности процессов, протекающих в ней, пространственной удаленности объекта управления или по другим причинам в системе появляется запаздывание. Иногда этими факторами можно пренебречь, но чаще это может привести к тому, что система будет работать совсем не так, как ожидалось, а в некоторых случаях это может привести к ее разрушению. Во-вторых, возмущающее воздействие, рассматриваемое в идеализированных постановках как мультигармоническое, на самом деле может быть представлено в данном виде лишь с некоторой конечной точностью. В-третьих, в реальных системах разного рода измерительным приборам свойственна некоторая погрешность измерения, а каналу связи наличие ограниченных помех.

На сегодняшний день получено большое количество алгоритмов, рассматривающих отдельно проблемы управления в условиях запаздывания [1–4] и действия возмущения [5, 6], в том числе для сигнально неопределенных детерминированных возмущающих воздействий [7]. Имеется ряд работ, посвященных компенсации влияния внешней среды применительно к задаче удаленного управления, недостатком которых можно отметить рассмотрение идеализированной постановки задачи с чисто гармоническим возмущением без учета помех и погрешностей измерения.

Данная работа основывалась на результатах, полученных в [8–10], и была посвящена решению этих проблем в совокупности, с учетом особенностей реальных систем.

В работе рассматривался линейный объект управления с одним входом и одним выходом. Измерению доступна только выходная переменная объекта. Запаздывание в каналах управления и измерения считаются постоянными и известными. В канале связи присутствует ограниченная помеха. На объект управления действует периодическое возмущающее воздействие, которое может быть представлено в виде

мультигармонической функции с точностью до ограниченной аддитивной составляющей. Возмущение не измеряется, параметры воздействия неизвестны.

Целью работы являлся синтез адаптивного закона управления, позволяющего компенсировать влияние внешней среды в условиях запаздывания в каналах управления и измерения, робастного по отношению к аддитивным составляющим в возмущающем воздействии, помехам в канале связи и погрешностям измерения.

В задачи работы входило теоретическое обоснование предлагаемого подхода, формализация условия реализуемости инвариантности выхода объекта управления по отношению к внешнему возмущающему воздействию средствами адаптивного управления, построение устройства оценивания параметров периодических сигналов, робастное по отношению к неучтенным составляющим в сигнале, синтез реализуемого адаптивного закона управления, позволяющего компенсировать эффект возмущающего воздействия на выходе объекта при наличии запаздывания и помех в каналах связи, погрешностей измерения и аддитивных составляющих в возмущении.

Для решения поставленных задач использовался весь современный аппарат методов адаптивного и робастного управления системами с запаздыванием, преобразование Лапласа, метод функций Ляпунова, а также методы нелинейной теории управления. Оценивание параметров возмущающего воздействия основано на интегральных законах идентификации, для формирования закона управления была использована теория частотного анализа динамических звеньев.

В результате работы был синтезирован адаптивный закон компенсации параметрически неопределенного периодического возмущающего воздействия, сохраняющий работоспособность при наличии запаздываний в канале управления и измерения. Показаны робастные свойства полученного алгоритма по отношению к аддитивным составляющим в возмущении, помехам в канале связи и наличию погрешностей в измерениях. Проанализировано влияние параметров алгоритма на точностные и динамические показатели предлагаемого метода стабилизации. Предложен ряд подходов, позволяющих существенно повысить скорость и точность оценивания параметров зашумленных периодических сигналов, что позволяет уменьшить время стабилизации.

Полученный результат имеет строгое математическое доказательство. Для иллюстрации работоспособности алгоритма представлены числовые примеры с результатами математического моделирования, выполненный в среде MATLAB/ Simulink.

Целью дальнейших исследований является рассмотрение параметрически неопределенного объекта управления, в том числе нелинейного, а также других видов возмущающих воздействий.

Литература

1. Еремин Е.Л., Теличенко Д.А. Алгоритмы адаптивной системы с запаздыванием по управлению в схеме с расширенной ошибкой и эталонным упредителем // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2006. – № 6. – С. 9–16.
2. Кирьянен А.И. Устойчивость систем с последействием и их приложения. – СПб: Изд-во СПбГУ, 1994. – 235 с.
3. Цыкунов А.М. Адаптивное и робастное управление динамическими объектами по выходу. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 268 с.
4. Mazenc F., Mondie S., Niculescu S.I. Global asymptotic stabilization for chains of integrators with a delay in the input // IEEE Trans. on Autom. Control. – 2003. – V. 48. – № 1. – P. 57–63.

5. Marino R., Tomei P. Adaptive regulator for uncertain linear minimum phase systems with unknown undermodeled exosystems regulation of linear systems with unknown additive sinusoidal sensor disturbances // Proc. 17th IFAC World Congress. – Seoul, Repulic Korea, 2008. – P. 11293–11298.
6. Bodson M., Douglas S.C. Adaptive algorithms for the rejection of periodic disturbances with unknown frequencies // Automatica. – 1997. – V. 33. – P. 2213–2221.
7. Никифоров В.О. Адаптивное и робастное управление с компенсацией возмущений. – СПб: Наука, 2003. – 282 с.
8. Pyrkin Anton, Bobtsov Alexey, Kolyubin Sergey, Vedyakov Alexey. Precise Frequency Estimator for Noised Periodical Signals // Proceedings of IEEE Multi-conference on Systems and Control. – Dubrovnik, Croatia, 2012, October 3–5. (принята).
9. Vedyakov A.A. Estimating parameters of periodic signals // Proceedings of the 13th International Student Olympiad on Automatic Control BOAC. – Saint-Petersburg, Russia, 2011. – P. 13–17.
10. Pyrkin A., Bobtsov A., Kapitanyuk Y., Vedyakov A., Titov A. Adaptive Cancellation of Unknown Multiharmonic Disturbance for Nonlinear Plant with Input Delay // Proceedings of the 19th Mediterranean Conference on Control and Automation (IEEE). – Aquis Corfu Holiday Palace, Corfu, Greece. – 2011. – P. 874–879.

Громова Юлия Александровна
Год рождения: 1989
Факультет фотоники и оптоинформатики, кафедра оптической физики и современного естествознания, группа 6353
Направление подготовки:
200700 Фотоника и оптоинформатика
e-mail: yulia.a.gromova@gmail.com

УДК 535

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИБРИДНЫХ НАНОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК И МОЛЕКУЛ АЗОКРАСИТЕЛЕЙ В ПОЛИМЕРНЫХ ТРЕКОВЫХ МЕМБРАНАХ

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

Гранты РФФИ №11.519.11.3020, №11.519.11.3026, №14.740.11.1366 и № 02.740.11.0536

Введение. В последние десятилетие активно изучается создание комплексов полупроводниковых нанокристаллов, или квантовых точек (КТ), с органическими молекулами [1]. С одной стороны такие системы интересны в качестве модельных объектов для изучения процессов комплексообразования и передачи энергии фотовозбуждения. С другой стороны, создание гибридных структур на основе полупроводниковых нанокристаллов и органических молекул позволяет значительно расширить возможности практического использования КТ. Гибридные структуры на основе нанокристаллов могут использоваться в сенсорных и каталитических системах, электронных устройствах, а также существенно повысить эффективность неинвазивных, терапевтических методов в диагностике и лечении ряда заболеваний [2–6].

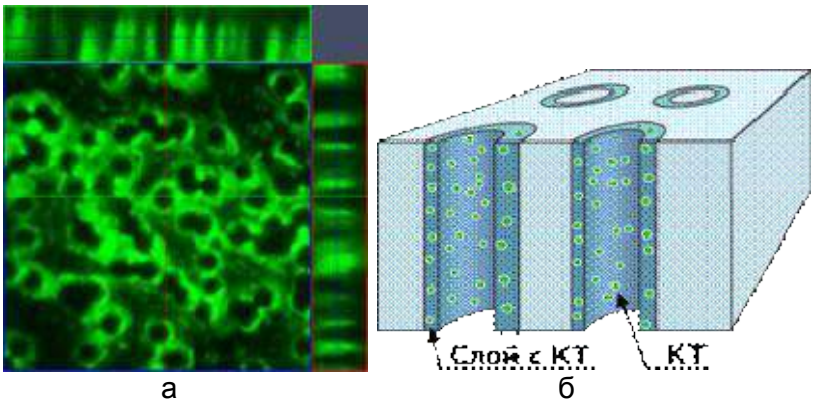
Очевидно, что создание эффективно функционирующих структур на основе КТ и органических молекул невозможно без детального изучения физических основ

формирования структур и изучения внутрикомплексных и межкомплексных взаимодействий.

Отдельной задачей является внедрение полупроводниковых КТ в полимер без образования макроагрегатов и изменения их оптических свойств.

Цели и задачи работы. Целью работы являлось создание нового типа структур на основе полупроводниковых нанокристаллов и органических молекул с уникальными свойствами. Для достижения поставленной цели в ходе выполнения работы было проведено комплексное исследование фотофизических свойств комплексов полупроводниковых нанокристаллов и молекул азокрасителей, внедренных в полиэтилентерефталатные трековые мембраны (ПЭТФ ТМ). В результате экспериментов планировалось решить ряд следующих задач. Во-первых, создать комплексы с азокрасителями на основе КТ, внедренных в мембраны. Во-вторых, если создание таких гибридных структур возможно, то сравнить между собой свойства комплексов КТ/азокраситель в растворе и в трековых мембранах. В-третьих, определить в каком состоянии находятся нанокристаллы и комплексы на их основе после внедрения в трековые мембраны. Молекулы азокрасителей, использованные в данной работе, были выбраны таким образом, что на основе их комплексов с КТ возможно создание диссоциативных люминесцентных сенсоров [7, 8]. Исходя из этого, в работе должен был быть поставлен дополнительный вопрос, который, не являясь основным, тем ни менее, актуален для практического применения результатов исследования: перспективно ли создание сенсорных систем на основе трековых мембран с внедренными комплексами КТ/азокраситель?

Описание и анализ результатов работы. В ходе выполнения работы было установлено, что при пропитывании трековых мембран раствором гидрофобных квантовых точек происходит внедрение КТ в приповерхностные слои трековых пор (рисунок). На основании спектрально-кинетических измерений образцов ПЭТФ ТМ установлено что нанокристаллы, внедренные в мембраны, слабо взаимодействуют друг с другом и находятся в квази-изолированном состоянии, близком к состоянию нанокристаллов в коллоидных растворах [9]. Это позволяет создавать в мембранах гибридные структуры, состоящие из нанокристаллов и органических молекул, со свойствами аналогичными свойствам подобных структур в растворах.



а б

Рисунок. Люминесцентное изображение ПЭТФ ТМ с внедренными КТ (диаметр пор 1,5 мкм, сканируемая площадь 25×25 мкм^2) – вверху и справа приведены изображения сечений мембраны по горизонтали и вертикали вдоль направлений, показанных на рисунке зеленой и красной линиями соответственно (а); схематичное изображение трековой мембраны с внедренными КТ (б)

Было продемонстрировано, что при последовательном пропитывании трековых мембран раствором гидрофобных нанокристаллов и молекул азокрасителей (как

гидрофильных, так и гидрофобных) происходит образование комплексов КТ/азокраситель в трековых мембранах. Для изучения комплексообразования в работе использовались молекулы 1-(2-пиридилазо)-2-нафтол (ПАН) и 4-(2-пиридилазо)-резорцин (ПАР) – фотометрические металлоиндикаторы, образующие хелатные комплексы с ионами металлов, что делает возможным образование координационного комплекса данных соединений с поверхностными ионами цинка на оболочке ZnS CdSe/ZnS квантовых точек. Образование комплекса КТ/азокраситель приводит к полному тушению люминесценции КТ. Одним из основных механизмов тушения люминесценции КТ в комплексах с азокрасителями является безызлучательный резонансный перенос энергии (Förster Resonance Energy Transfer, FRET).

В ходе работы автором было установлено, что высокие локальные концентрации нанокристаллов (~10^{-3} моль/литр) в приповерхностных слоях пор трековых мембран позволяют создать условия, при которых комплекс КТ/азокраситель начинает выступать в качестве акцептора энергии для свободных КТ. Это позволило создать в ПЭТФ ТМ структуру, в которой, за счет дальнодействующего переноса энергии от КТ к комплексам КТ/азокраситель, возможно реализовать сверхэффективное тушение люминесценции КТ. Так, в случае комплексов КТ/ПАН одна молекула азокрасителя, внедренного в ТМ с квантовыми точками, приводит к тушению люминесценции шести КТ, а в случае комплексов КТ/ПАР – десяти квантовых точек. Следует отметить, что различие в эффективности тушения люминесценции КТ в данных структурах при использовании молекул ПАН и ПАР обусловлено различием для комплексов КТ/ПАН и КТ/ПАР условий для переноса энергии по механизму FRET (разная степень перекрытия спектров поглощения азокрасителей со спектром люминесценции КТ).

Условиями диссоциации металлокомплексов ПАН и ПАР является изменение уровня pH и (или) присутствие ионов металлов с более высокой константой комплексообразования. В работе продемонстрирована диссоциация комплексов КТ/азокраситель в присутствии ионов кобальта и воды, которая приводит к диссоциации карбоксильных групп на поверхности трековой мембраны, а, следовательно, к снижению уровня pH. Диссоциация комплексов сопровождалась разгоранием люминесценции КТ.

Заключение. Проведенные в работе исследования позволяют сделать следующие выводы. Трековые мембраны являются удобной матрицей для создания тонкопленочных образцов с высокими локальными концентрациями нанокристаллов (~10^{-3} моль/литр) без образования макроагрегатов. Предложенный подход последовательного создания гибридных структур в полимерной матрице прост и актуален, так как позволяет создавать на основе трековых мембран различные микрофлюидные устройства и изучать такие фундаментальные физические вопросы как перенос энергии в системах квантовая точка/органическая молекула. Использование трековых мембран также позволяет просто совмещать гидрофобные и гидрофильные соединения. Возможность создавать в полиэтилентерефталатных трековых мембранах структуры с сверхэффективным тушением люминесценции квантовых точек свидетельствует о высокой перспективности создания сенсорных элементов на основе трековых мембран с квантовым точками, так как удаление из системы одной молекулы тушителя приводит к разгоранию люминесценции нескольких нанокристаллов. Это приводит к заметному увеличению чувствительности сенсорных элементов, принцип действия которых основан на изменении люминесцентного отклика системы.

Литература

1. Frasco M.F., Chaniotakis N. Semiconductor Quantum Dots in Chemical Sensors and Biosensors // Sensors. – 2009. – № 9. – P. 7266–7286.
2. Kniprath R., Rabe J.P., McLeskey J.T., Wang D. and Kirstein S. Hybrid photovoltaic cells with II-VI quantum dot sensitizers fabricated by layer-by-layer deposition of water-soluble components // Thin Solid Films. – 2009. – V. 518. – № 1. – P. 295–298.
3. Li F. et al. Reduction in feature size of two-photon polymerization using SCR500// Applied physics letters. – 2007. – V. 90. – № 7. – P. 071106-3.
4. Yun D. et al. Efficient conjugated polymer-ZnSe and -PbSe nanocrystals hybrid photovoltaic cells through full solar spectrum utilization // Solar Energy Materials & Solar Cells. – 2009. – V. 93. – № 8 – P. 1208–1213.
5. Weaver J.E. et al. Investigating Photoinduced Charge Transfer in Carbon Nanotube-Perylene-Quantum Dot Hybrid Nanocomposites // ACS nano. – 2010. – V. 4. – № 11. – P. 6883–6893.
6. Sobha K. et al. Emerging trends in nanobiotechnology // Biotechnology and Molecular Biology Reviews. – 2010. – V. 5. – № 1. – P. 1–12.
7. Baranov A.V. et al. // J. Appl. Phys. – 2010. – V. 108. – P. 1–5.
8. Орлова А.О. и др. Пленочный люминесцентный наносенсор на основе комплекса квантовая точка – органическая молекула // Российские нанотехнологии. – 2010. – Т. 5. – № 1–2. – P. 61–66.
9. Orlova A.O. et al. // Nanotechnology. – 2011. – № 22. – P. 1–7.

Ковалева Анна Сергеевна
Год рождения: 1989
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики,
группа 6309
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
Прикладная оптика
e-mail: anyuta_kov@mail.ru

УДК 535.317

РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА КОНЦЕНТРИЧЕСКИХ ЗЕРКАЛЬНЫХ, ЗЕРКАЛЬНО-ЛИНЗОВЫХ И ЛИНЗОВЫХ СИСТЕМ

А.С. Ковалева
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Зверев

Разработка оптических систем, удовлетворяющих современным условиям применения, требует обстоятельного анализа элементной базы и базовых схем, формирующих реальную основу композиции линзовых, зеркальных и зеркально-линзовых оптических систем.

Известно, что оптическая система концентрических поверхностей обладает собственными коррекционными возможностями, это строгое отсутствие астигматизма при произвольном положении предмета и строгое отсутствие аберрации в зрачках. Исследование свойств концентрических оптических систем представлено в трудах ряда авторов во второй половине XX в. Результаты этих исследований позволяют проанализировать габаритные и аберрационные свойства оптической системы и

разработать метод расчета концентрических объективов. Для **достижения поставленной цели работы**, необходимо выполнить следующие задачи: анализ аберрационных свойств концентрических отражающих и преломляющих поверхностей; расчет зеркальных и зеркально-линзовых концентрических оптических систем; расчет зеркально-линзовой оптической системы с тройным прохождением луча через концентрический мениск; анализ хроматической аберрации положения; расчет линзовых концентрических оптических систем.

Если рассмотреть поверхность, концентричную зрачку, такая поверхность обладает сферической аберрацией. Однако если устранить сферическую аберрацию, то образуется апланатическая поверхность, которая оставляет неисправленной только кривизну изображения.

Обратимся к рис. 1, на котором показан путь действительного луча через преломляющую поверхность сферической формы.

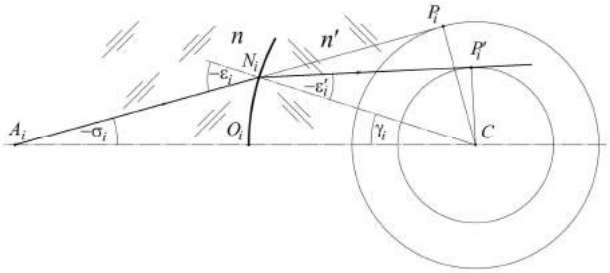


Рис. 1. Ход действительного луча через преломляющую поверхность сферической формы

Из рис. 1 при $\sigma_1 = 0$ фокусное расстояние рассматриваемой системы равно

$$f' = \frac{m}{\sin\sigma'} = \frac{m_1}{\sin\sigma_k'}. \qquad (1)$$

Дифференцируя выражение (1) и заменяя дифференциалы конечными разностями, получаем $\Delta f' \cong \Delta s' = -\frac{\Delta\sigma'}{\sin^2\sigma'} m\cos\sigma'$. Здесь $m = const$. Тогда поперечная сферическая аберрация определится выражением $\delta g' = \Delta s' \cdot tg\sigma' = f' \cdot \delta\sigma'$, где $\delta\sigma' = \sigma_0' - \sigma'$. При этом сферическая аберрация в угловой мере определится отношением $\delta\sigma' = \frac{\delta g'}{f'}$. При $\sigma_1 = 0$ можно записать формулу для $\sigma_k' = \sigma_1 + \sum_{i=1}^{i=k}\varepsilon_i' - \sum_{i=1}^{i=k}\varepsilon_i$:

$$\sigma_k' = \sum_{i=1}^{i=k}\arcsin\frac{n_1 m_1}{n_i r_i} - \sum_{i=1}^{i=k}\arcsin\frac{n_1 m_1}{n_{i+1} r_i}. \qquad (2)$$

В соответствии с формулой (1) угол $\sigma_k' = \arcsin\frac{m_1}{f'}$. При малой величине x угол $\arcsin x = x$. В рассматриваемом случае при малой величине m $(m \to 0)$ величина $f' = f_0'$. Полагая в формуле (2) величину m малой, получаем

$$\varphi_0 = \frac{1}{f_0'} = n_1\sum_{i=1}^{i=k}\frac{1}{r_i}\left(\frac{1}{n_i} - \frac{1}{n_{i+1}}\right). \qquad (3)$$

Функцию $\arcsin x$ можно представить степенным рядом вида: $\arcsin x = x + \frac{1}{6}x^3 + \frac{3}{40}x^5 + \frac{5}{112}x^7 + \ldots$.

Ограничиваясь в разложении в степенной ряд членами не выше седьмого порядка, формулу (2) можно представить в виде:

$$\sigma'_k = n_1 m_1 \sum_{i=1}^{i=k} \frac{1}{r_i}\left(\frac{1}{n_i} - \frac{1}{n_{i+1}}\right) + \frac{1}{6} n_1^3 m_1^3 \sum_{i=1}^{i=k} \frac{1}{r_i^3}\left(\frac{1}{n_i^3} - \frac{1}{n_{i+1}^3}\right) +$$

$$+ \frac{3}{40} n_1^5 m_1^5 \sum_{i=1}^{i=k} \frac{1}{r_i^5}\left(\frac{1}{n_i^5} - \frac{1}{n_{i+1}^5}\right) + \frac{5}{112} n_1^7 m_1^7 \sum_{i=1}^{i=k} \frac{1}{r_i^7}\left(\frac{1}{n_i^7} - \frac{1}{n_{i+1}^7}\right). \quad (4)$$

В этом выражении $n_1 m_1 \sum_{i=1}^{i=k} \frac{1}{r_i}\left(\frac{1}{n_i} - \frac{1}{n_{i+1}}\right) = \frac{m_1}{f'_0} = \sin \sigma'_{k0}$.

При этом $\sigma'_{k0} = \arcsin \frac{m_1}{f'_0} = \frac{m_1}{f'_0} + \frac{1}{6}\frac{m_1^3}{f_0'^3} + \frac{3}{40}\frac{m_1^5}{f_0'^5} + \frac{5}{112}\frac{m_1^7}{f_0'^7}$.

Полученные соотношения позволяют выражение (4) представить в виде:

$$\delta\sigma' = \sigma'_{k0} - \sigma'_k = \frac{1}{6}\frac{m_1^3}{f_0'^3} - \frac{1}{6} n_1^3 m_1^3 \sum_{i=1}^{i=k} \frac{1}{r_i^3}\left(\frac{1}{n_i^3} - \frac{1}{n_{i+1}^3}\right) + \frac{3}{40}\frac{m_1^5}{f_0'^5} -$$

$$- \frac{3}{40} n_1^5 m_1^5 \sum_{i=1}^{i=k} \frac{1}{r_i^5}\left(\frac{1}{n_i^5} - \frac{1}{n_{i+1}^5}\right) + + \frac{5}{112}\frac{m_1^7}{f_0'^7} - \frac{5}{112} n_1^7 m_1^7 \sum_{i=1}^{i=k} \frac{1}{r_i^7}\left(\frac{1}{n_i^7} - \frac{1}{n_{i+1}^7}\right). \quad (5)$$

Оптические системы с концентрическими поверхностями, состоящие из одних линз, наряду со сферической аберрацией обладают еще одной аберрацией – хроматической. Если система состоит из линз и зеркал, находящихся в воздухе, то хроматическую аберрацию можно представить в виде [3]:

$$\eta_{\text{хр.п.}} = m \sum_{i=1}^{i=k} \frac{\varphi_i}{n_i \cdot \mu_i}, \quad (6)$$

где φ_i – оптическая сила концентрической линзы, которая $\varphi_i = \frac{n_i - 1}{n_i} \cdot \left(\frac{1}{r_i} - \frac{1}{r_{i+1}}\right)$;

μ_i – коэффициент дисперсии, который соответствует формуле $\mu_i = \frac{n_i - 1}{\Delta n_i}$.

Условие устранение хроматизма положения имеет вид: $\eta_{\text{хр.п.}} = 0$, или

$$\sum_{i=1}^{i=k} \frac{\varphi_i}{n_i \cdot \mu_i} = 0. \quad (7)$$

В своей работе автором приведено несколько схем концентрических объективов, которые посчитаны по изложенному методу. Первый пример – концентрический зеркально-линзовый объектив с коррекционной пластинкой. Схема объектива представлена на рис. 2.

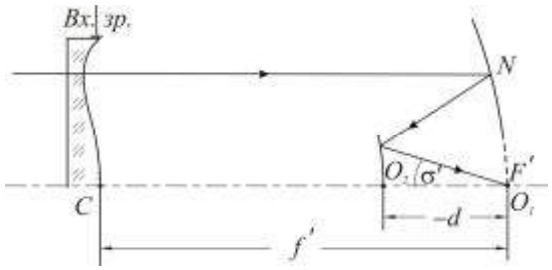


Рис. 2. Оптическая система из двух концентричных отражающих поверхностей с пластинкой Шмидта во входном зрачке

Второй пример – концентрический зеркально-линзовый объектив с тройным прохождением луча через концентрический мениск. Схема объектива представлена на рис. 3.

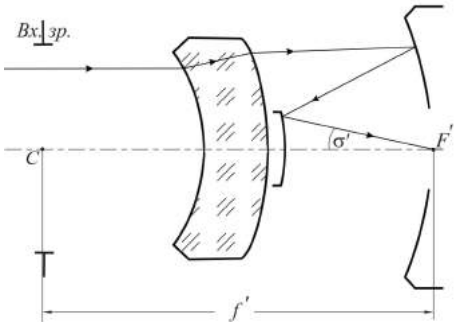


Рис. 3. Зеркально-линзовый объектив с концентрическим мениском

Третий пример – концентрический линзовый объектив, который состоит из 3-х поверхностей. Схема объектива представлена на рис. 4.

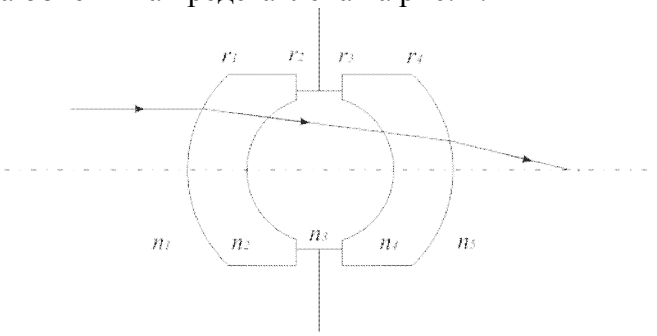


Рис. 4. Трехлинзовая оптическая система с преломляющими поверхностями

В результате проделанной работы был разработан инженерный метод расчета зеркальных, линзовых и зеркально-линзовых оптических систем с концентрическими поверхностями. Данный метод расчета позволяет посчитать оптическую систему на минимум аберраций, используя свойства концентрических систем. В линзовых системах данный метод расчета учитывает хроматические аберрации и дает рекомендации к выбору комбинации стекол.

Литература

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики / Под ред. Г.П. Мотулевич. – М.: Наука, 1973. – 719 с.
2. Попов Г.М. Концентрические оптические системы и их применение в оптическом приборостроении. – М.: Наука, 1969. – 125 с.
3. Зверев В.А. Основы геометрической оптики. – СПб: СПб ГИТМО (ТУ), 2002. – 218 с.
4. Чуриловский В.Н. Теория хроматизма и аберраций третьего порядка. – М.-Л.: Машиностроение, 1968. – 312 с.

Корепин Иван Николаевич
Год рождения: 1989
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа 6301
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
e-mail: korepin404@gmail.com

УДК 535.421

РАЗРАБОТКА МЕТОДА СИНТЕЗА ГОЛОГРАММ-ПРОЕКТОРОВ «СФОКУСИРОВАННОГО» ИЗОБРАЖЕНИЯ

И.Н. Корепин
Научный руководитель – д.т.н., профессор С.Н. Корешев

.

Работа была выполнена в рамках НИР № 18005 «Исследование закономерностей структурирования пленок халькогенидного стеклообразного полупроводника в процессе получения рельефно-фазовых голограмм», этап 3 «Исследование основных закономерностей структурирования поверхности халькогенидного стеклообразного полупроводника в процессе реализуемого на его основе метода голографической (интерференционной) литографии».

Введение. До последнего времени крайне высокие темпы развития фотолитографии достигались, в основном, за счет уменьшения рабочей длины волны и увеличения числовой апертуры проекционного объектива без кардинальных изменений в самом процессе [1]. Однако к настоящему времени переход от существующей технологии на длине волны 193 нм, к длине 157 нм осложняется, главным образом, дефицитом материалов, подходящих для изготовления проекционного объектива.

Еще одной серьезной проблемой современных объективов для фотолитографии, является крайне малое рабочее поле. Это связано с тем, что при больших апертурах и малой длине волны сильно возрастают полевые аберрации, с которыми трудно бороться даже применением асферических оптических элементов. Столь малое рабочее поле вынуждает прибегать к сканированию фотошаблона по отдельным участкам. В свою очередь, это определяет более высокие требования к точности позиционирования механической части, а также требует значительно больших временных затрат на производство.

Одним из перспективных подходов к решению обозначенных выше проблем является применение различных голографических методов [3–6]. Среди них наиболее интересными, с точки зрения практической реализации, являются системы на основе голограмм-проекторов «сфокусированного изображения», при этом голограмма-проектор является носителем информации об объекте и корректором аберраций объектива. Благодаря этому, становится возможным применять простые объективы с большими полевыми аберрациями. Так в работах [7, 8] описываются успешные эксперименты по записи и восстановлению субмикронных структур, с применением голограмм данных видов. Еще более перспективным представляется применение голографических систем на базе синтезированных голограмм. Такой подход позволяет отказаться от этапа изготовления промежуточного фотошаблона, ограничившись лишь изготовлением синтезированной бинарной голограммы.

Отсутствие в доступной литературе сведений об успешных опытах по разработке систем синтеза голограмм «сфокусированного изображения», работающих совместно с

объективом невысокого качества, а также очевидная перспективность разработки такой системы и внедрения ее в производство для решения задач высокоразрешающей фотолитографии, послужило основанием для постановки настоящей работы.

Постановка задачи. В силу описанных выше достоинств применения синтезированных голограмм-проекторов «сфокусированного» изображения для задач проекционной фотолитографии, необходимость разработки методов синтеза таких голограмм является важной и перспективной задачей. Поскольку процесс синтеза голограммы-проектора «сфокусированного» изображения осуществляется в соответствии с математической моделью реального физического процесса записи такой голограммы, то данную задачу можно представить виде трех основных подзадач:

1. вычисление значений параметров синтеза, оптимальных с точки зрения качества восстанавливаемого изображения;
2. вычисление комплексной амплитуды объектной волны в плоскости голограммы;
3. вычисление комплексной амплитуды опорной волны в плоскости голограммы и «сложение» ее с опорной волной.

Здесь важно отметить, что последняя задача является аналогичной соответствующей задаче синтеза голограмм-проекторов Френеля [8], и может быть решена теми же методами.

Таким образом, **целью работы** являлась разработка метода синтеза голограмм «сфокусированного изображения», работающих совместно с объективом невысокого качества для задач проекционной фотолитографии.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. исследование параметров синтеза и вывод оптимальных значений с точки зрения качества восстанавливаемого изображения;
2. сравнительный анализ методов вычисления комплексной амплитуды объектной волны в плоскости синтеза голограммы и определение наиболее перспективного из них с точки зрения минимизации требуемых вычислительных ресурсов и обеспечения требуемой точности.

Методика выполнения работы. Для решения первой из поставленных задач было проведено исследование влияния различных параметров синтеза голограммы на качество изображения, восстанавливаемого при помощи такой голограммы. Исследование проводилось путем проведения анализа математической модели процесса записи физической голограммы. При этом при рассмотрении модели учитывалась дискретная структура голограммы, и влияние проекционного объектива на волновой фронт.

Решение второй задачи заключалось в рассмотрении существующих математических методов, позволяющих произвести вычисление голографического поля объектной волны в плоскости голограммы, при этом основными критериями выбора оптимального из них являлись точность описания волнового фронта и минимизация требуемых для этого вычислительных ресурсов. Последний критерий связан с необходимостью синтеза голограммы за приемлемое для промышленных и исследовательских задач время.

Анализ результатов и заключение. В работе были рассмотрены особенности синтеза голограмм-проекторов «сфокусированного» изображения, работающих совместно с проекционным объективом для задач проекционной фотолитографии. Ввиду дискретной структуры голограммы, особое внимание уделено влиянию основных параметров синтеза и дискретизации на качество восстанавливаемого изображения. На основании анализа этих параметров, были сформулированы рекомендации по выбору их

значений с точки зрения минимизации потерь качества изображения, восстанавливаемого синтезированной голограммой. Было показано, что наличие проекционного объектива не только позволяет снизить требования к размеру фокального пятна генератора изображений, но и достичь теоретического дифракционного предела для оптики, равного длине волны восстанавливающего излучения.

В работе было также показано, что задача вычисления комплексной амплитуды объектной волны в плоскости голограммы является ключевой задачей синтеза такой голограммы-проектора. Ввиду этого был проведен сравнительный анализ методов, позволяющих выполнить вычисление комплексной амплитуды объектной волны в плоскости голограммы с учетом влияния аберраций оптической системы, с точки зрения критериев точности и минимизации требуемых вычислительных ресурсов компьютера.

В результате была выявлена невозможность применения стандартных методов такого расчета к данной задаче. Был предложен метод «таблицы поиска». Применение данного метода позволило показать возможность вычисления комплексной амплитуды объектной волны голограммы за время, приемлемое для проведения дальнейшей работы. Предложенные в работе способы модификации метода позволяют также уменьшить количество памяти компьютера, необходимой для хранения данных о голографическом поле.

Таким образом, в данной работе было подтверждено предположение о перспективности применения синтезированных голограмм-проекторов «сфокусированного изображения» применительно к задаче проекционной фотолитографии, и показана принципиальная возможность синтеза таких голограмм.

Литература

1. Анчуткин В.С., Бельский А.Б. Оптические материалы в проекционных оптических системах фотолитографических установок ГУФ-диапазона: современное состояние и тенденции в разработке и применении // Прикладная физика. – 2009. – № 2. – С. 139–147.
2. Бельский А.Б., Ган М.А., Миронов И.А., Сейсян Р.П. Перспективы развития оптических систем для нанолитографии // Оптический журнал. – 2009. – Т. 76. – № 8. – С. 59–70.
3. Stetson KarlA. Holography with total internally reflected light // Applied Physics Letters. – 1967. – V. 11. – Is. 7. – P. 225–226.
4. Ehberts P., Herzig H.P., Kuittinen M., Clube F.S.M., Darbellay Y. High-carrier-frequency fan-out gratings fabricated by total internal reflection holographic lithography // Optical Engineering. – 1995. – V. 34. – № 8. – P. 2377–2383.
5. William M.Ash, Myung K.Kim. Digital holography of total internal reflection // Optics Express. – 2008. – V. 16. – Is. 13. – P. 9811–9820.
6. Корешев С.Н., Ратушный В.П. Голограммы сфокусированного изображения в задаче высокоразрешающей проекционной голографической фотолитографии // Оптика и спектроскопия. – 2006. – Т. 101. – № 6. – С. 1038–1042.
7. Корешев С.Н., Никаноров О.В., Иванов Ю.А., Козулин И.А. Программный комплекс для синтеза и цифрового восстановления голограмм-проекторов: влияние параметров синтеза на качество восстановленного изображения // Оптический журнал. – 2010. – Т. 77. – № 1. – С. 42–48.
8. Корешев С.Н., Корепин И.Н. Выбор параметров синтеза голограмм-проекторов сфокусированного изображения // Оптический журнал. – 2011. – Т. 78. – № 9. – С. 44–49.

Кочетов Андрей Дмитриевич
Год рождения: 1989
Инженерно-физический факультет, кафедра лазерных технологий и экологического приборостроения, группа 6248
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
e-mail: user32-dll@mail.ru

УДК 535

ЛАЗЕРНОЕ ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ТОНКОЛИСТОВЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

А.Д. Кочетов
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Петров

Целью работы являлось определение влияния параметров лазерного излучения на процесс деформации.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- изучение кинетики процесса изгиба с помощью высокоскоростной видеокамеры;
- изучение и контроль распределения температуры на поверхности с помощью тепловизионной камеры;
- математическое моделирование распределения температуры и поля термонапряжений и деформаций с использованием программного пакета ANSYS.

Проведенная работа. Было произведено моделирование процесса лазерной гибки с помощью математического пакета ANSYS Multiphisics.

С помощью математического пакета ANSYS был произведен расчет достигаемой температуры при лазерном нагреве биметаллической пластины марки ТБ200 (рис. 1–3).

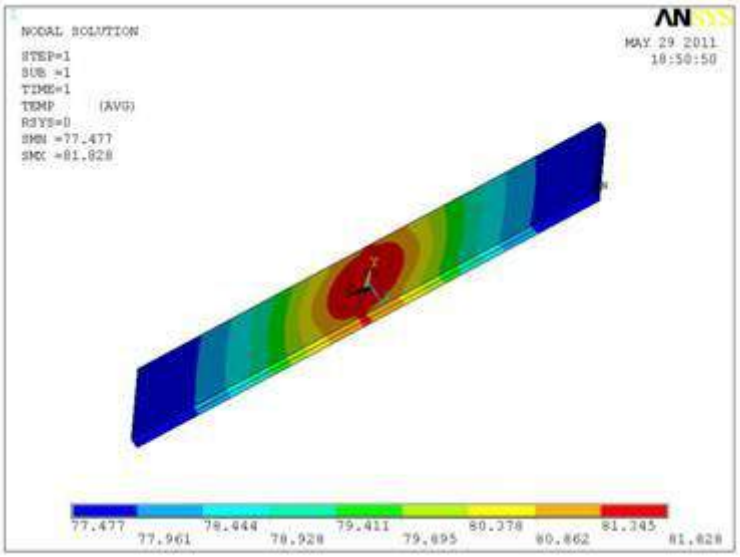


Рис. 1. Распределение температуры по пластине

1. В препроцессоре программы производилось задание параметров облучаемого образца:
   - геометрические размеры;
   - теплофизические характеристики:
     - теплопроводность;
     - коэффициент линейного расширения;
   - характеристики для решения задачи прочности:

- модуль нормальной упругости;
- коэффициент Пуассона.

2. Деталь разбивалась на регулярную сетку конечных элементов.
3. В «решателе» задавались ограничения степеней свободы и граничные и начальные условия:
   - закрепление одного из краев пластины;
   - задание падающей плотности мощности на поверхность;
   - конвективный теплообмен с воздухом.
4. Решение задач с помощью «решателя»:
   - решение задачи теплопроводности;
   - перенос полученного распределения температуры для решения задачи прочности;
   - решение задачи прочности.

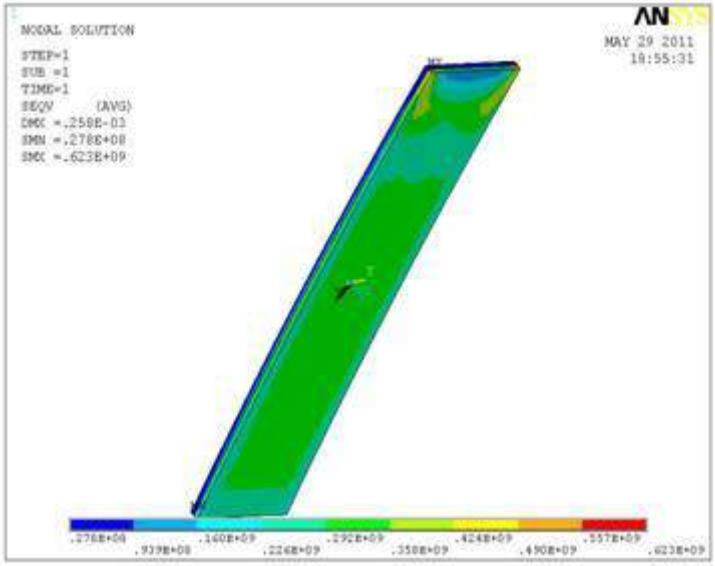


Рис. 2. Распределение напряжений в пластине

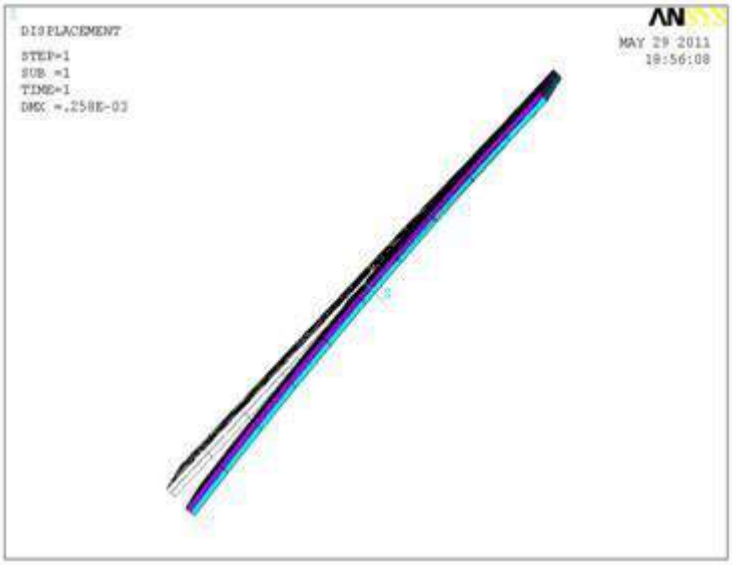


Рис. 3. Положение детали до и после нагрева

Распределение температуры на поверхности пластины (рис. 4) было исследовано с помощью тепловизионной камеры FLIR Titanium 520M и обработано с помощью специализированного программного обеспечения Altair. Результаты были сравнены с полученными с помощью математического пакета ANSYS Multiphisics.

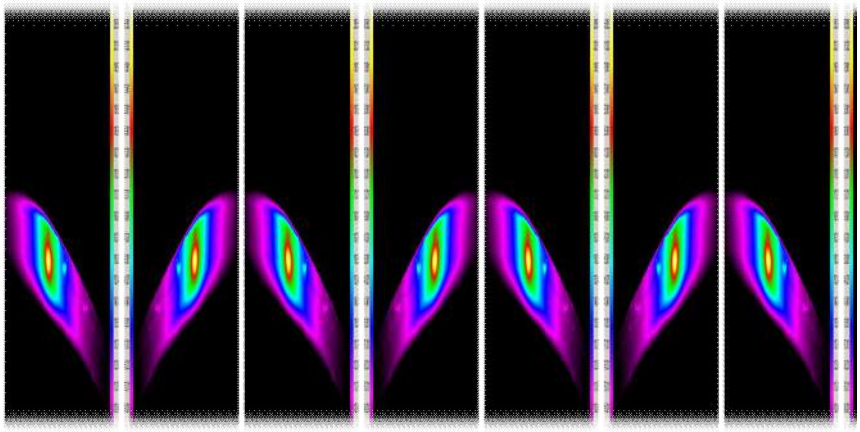


Рис. 4. Распределение температурного поля на поверхности пластины

Измерение угла изгиба с помощью скоростной видеокамеры (рис. 5).

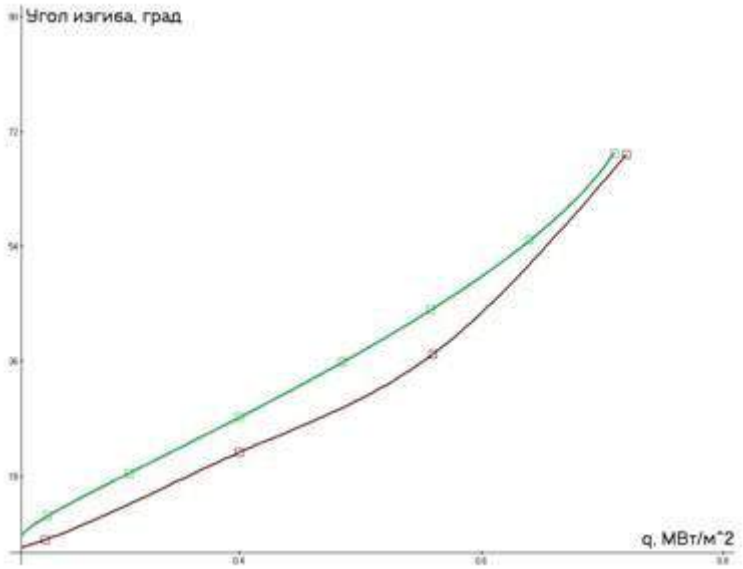


Рис. 5. Зависимость угла изгиба от плотности мощности падающего излучения

Полученные данные близки к результатам, полученным ранее методом оптического рычага.

Основные полученные результаты:

- наблюдение температурного поля с помощью тепловизионной камеры;
- измерение угла изгиба с помощью скоростной видеокамеры и сравнение с методом оптического рычага;
- моделирование процесса изгиба с помощью пакета ANSYS Multiphisics.

Были проведены эксперименты по установке биметаллической пластины в качестве ключа, размыкающего электрическую цепь в случае деформации. Эксперимент показал, что в случае деформации цепь размыкается, после прекращения воздействия ключ снова смыкается.

Перспективы использования. Биметаллическая пластина, деформируемая лазерным излучением, может быть использована для разработки микроэлектромеханических систем.

Кузнецова Ольга Валерьевна
Год рождения: 1989
Факультет компьютерных технологий и управления, кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем, группа 6159
Направление подготовки:
211000 Конструирование и технология электронных средств
e-mail: olunchik_1989@mail.ru

УДК 681.3

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

О.В. Кузнецова
Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.Б. Романова

В последнее время трехмерное моделирование приобретает все большее значение. В современных системах автоматизированного проектирования **(**САПР) трехмерная модель (3D-модель) электронного устройства (ЭУ) играет особую роль. 3D-модель дает более полную картину в отношении конструкции и работы устройства по сравнению с двухмерной моделью (2D-модель) [1]. Использование 3D-модели дает следующие преимущества: наглядность; удобство разработки и быстрота модернизации; создание прототипа изделия по Rapid Prototyping технологии [2].

На сегодняшний день стандартом при моделировании печатных плат (ПП) является проектирование 2D-модели платы. В двухмерном режиме удобнее выполнять трассировку проводников на плате. В связи с актуальностью использования 3D-моделирования естественной является разработка 3D-моделей ПП. Предметом исследования работы являлись автоматизированные системы, используемые при разработке 3D-моделей плат, а также методы формирования 3D-моделей.

Основной **целью работы** являлась разработка методов 3D-моделирования печатной платы в САПР ЭУ, составление рекомендаций по применению разработанных методов.

Для достижения цели решались следующие задачи:

- анализ САПР, используемых для проектирования 3D-моделей;
- анализ современных подходов 3D-моделирования корпусов электронных компонентов (ЭК);
- разработка методов 3D-моделирования плат;
- разработка 3D-моделей печатной платы.

В рамках работы были разработаны методы 3D-моделирования платы в машиностроительной САПР КОМПАС-3D и в САПР печатных плат Altium Designer, основанные:

1. на формировании 3D-моделей посредством экструзии;
2. на использовании готовых 3D-моделей корпусов в формате STEP;
3. на создании персональной библиотеки 3D-моделей ЭК электронных компонентов.

Разработанный метод формирования 3D-модели печатной платы посредством экструзии в системе Altium Designer иллюстрирует базовые результаты, приводящие к построению упрощенной 3D-модели печатной платы (рис. 1, а). Реалистичная 3D-

модель ПП является результатом применения в системе Altium Designer метода использования готовых 3D-моделей корпусов в формате STEP (рис. 1, б).

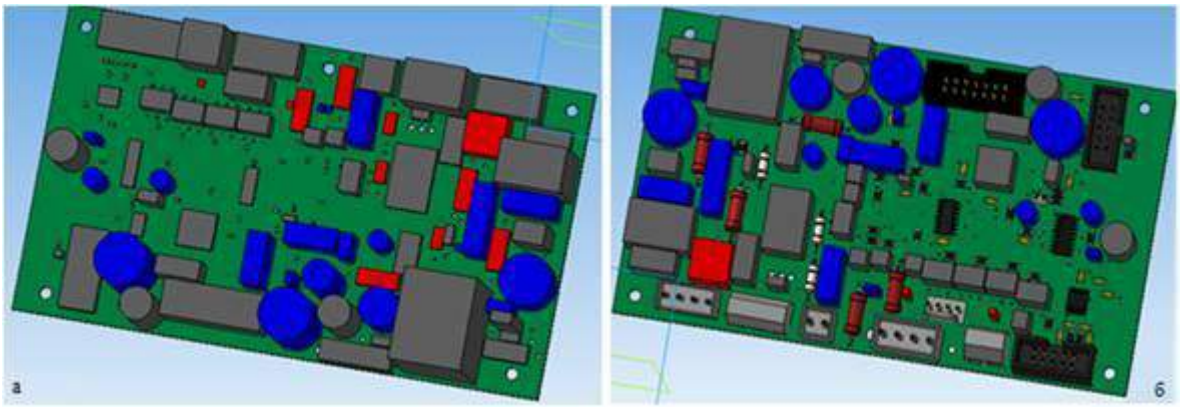


Рис. 1. 3D-модели ПП в системе КОМПАС-3D: упрощенная (а); реалистичная (б)

Разработанный метод формирования 3D-модели печатной платы посредством экструзии в системе КОМПАС-3D, иллюстрирует базовые результаты, приводящие к построению упрощенной 3D-модели печатной платы (рис. 2, а). Реалистичная 3D-модель ПП является результатом применения в системе КОМПАС-3D методов использования готовых 3D-моделей корпусов в формате STEP и использования персональной библиотеки 3D-моделей корпусов ЭК в формате *.m3d (рис. 2, б).

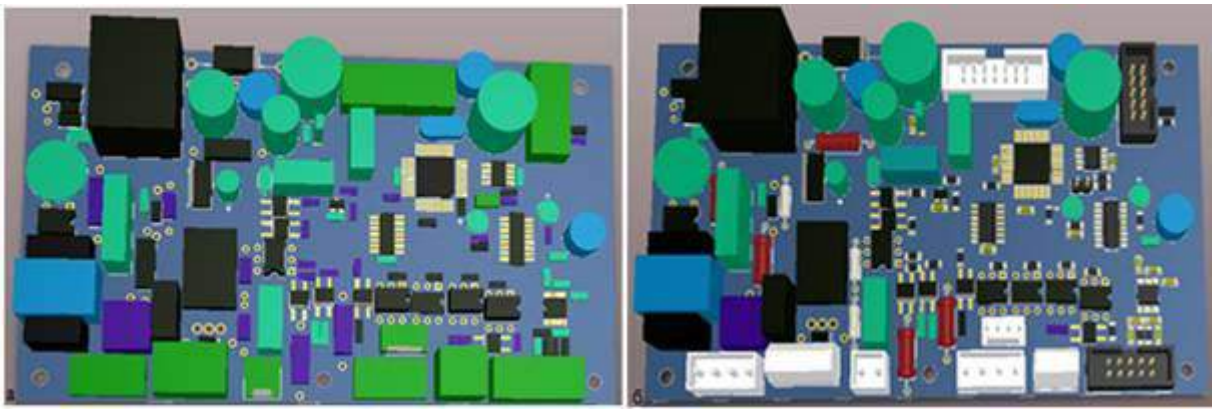


Рис. 2. 3D-модели ПП в системе Altium Designer: упрощенная (а); реалистичная (б)

Метод формирования упрощенной 3D-модели ПП в системе Altium Designer занимает больше времени и является менее удобным в сравнении с методом разработки упрощенной 3D-модели ПП в системе КОМПАС-3D. Метод разработки реалистичной 3D-модели ПП в системе Altium Designer является более удобным и быстрым в сравнении с методами разработки реалистичной 3D-модели ПП в системе КОМПАС-3D.

Разработанные 3D-модели основной платы весового дозатора могут использоваться для проектирования трехмерной конструкции весового дозатора в машиностроительных и электротехнических САПР. 3D-модели платы включают 3D-модели корпусов ЭК, многие из которых представлены упрощенно (в виде параллелепипедов), но их общие очертания и габаритные размеры соблюдаются. Высоты параллелепипедов соответствуют реальным высотам компонентов. Часть же корпусов ЭК имеет реалистичное 3D-представление, что повышает наглядность и общее восприятие 3D-представления платы. Разъемы на плате изображены реалистичными моделями, для того чтобы можно было использовать готовую модель для 3D-проектирования кабелей и жгутов.

Разработанные методы формирования 3D-модели ПП в системе КОМПАС-3D, могут также использоваться при формировании 3D-модели ПП в других MCAD, таких как Solid Works, Pro/ENGINEER, T-FLEX CAD, AutoCAD. Разработанные методы формирования 3D-модели ПП в системе Altium Designer, могут также использоваться при формировании 3D-модели ПП в других EDA-системах, таких как Cadstar-3D и KiCad.

Разработанные методы могут быть использованы для формирования 3D-моделей ПП, которые можно использовать для 3D-компоновки изделия в машиностроительных САПР и для 3D-моделирования кабелей и жгутов в электротехнических САПР (моделирование в электротехнических САПР необходимо для соединения плат между собой и с внешними устройствами). 3D-модели ПП, полученные с помощью разработанных методов могут быть использованы при решении таких задач как сквозное проектирование электронного устройства (ЭУ) в едином информационном пространстве и при формировании прототипов деталей и конструкций ЭУ [3].

Практическое применение полученных результатов позволит значительно увеличить скорость разработки изделий, а также повысить качество ЭУ. 3D-модель платы можно использовать при виртуальной компоновке ЭУ (для локализации критических мест пересечения или сближения помеченных поверхностей), а также для последующего анализа ЭУ.

Полученные 3D-модели ПП разработанными методами 3D-моделирования несут не только реальную пространственно-объемную информацию, но и позволяют производить в среде используемой САПР всевозможные манипуляции, которые определяются производственной необходимостью и возможностями САПР (различные расчеты и автоматизированную подготовку производства).

Реалистичное изображение 3D-модели ПП можно использовать при монтаже компонентов, т.е. для установки их друг под другом (компонент поверхностного монтажа можно расположить под штыревым компонентом, устанавливаемым на печатную плату с зазором). При использовании разработанных методов в Altium Designer появляется возможность автоматизированного контроля по высоте установки компонентов друг под другом и автоматизированного контроля установки высоких ЭК в корпус.

В качестве дальнейшей перспективы развития данной работы можно рассматривать совершенствование разработанных методов за счет трехмерного моделирования гибких печатных плат. Разработанные методы можно использовать для оптимизации существующих САПР.

Литература

1. Bao Z. Rechnerunterstützte Kollisionsprüfung auf der Basis eines B-rep/Polytree/CSG-Hybridmodells in einem integrierten CAD/CAM-System. – Düsseldorf: VDI Verlag, 2000. – 187 p.
2. Gatchin Y.A., Romanova E.B., Korobeynikova M.A. RP-technologies in designing the radio-electronic equipment // Proceedings of the International Scientific Conferences «Intelligent Systems (IEEE AIS'04)» and «Intelligent CAD's (CAD-2004)». – Moscow: Physmathlit, 2004. – V. 3. – P. 127–128.
3. Романова Е.Б. Разработка методов повышения эффективности САПР электронных устройств на основе использования трехмерной модели: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 19 с.

Куцевич Светлана Васильевна
Год рождения: 1989
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа 6303
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
e-mail: kutzevichsveta@gmail.com

УДК 535.317

СИНТЕЗ ЛИНЗОВЫХ И ЗЕРКАЛЬНО-ЛИНЗОВЫХ ОБЪЕКТИВОВ

С.В. Куцевич
Научный руководитель – д.т.н., профессор Л.Н. Андреев

Введение. В работе был рассмотрен синтез линзовых и зеркально-линзовых объективов на основе применения модульного принципа проектирования оптических систем.

Сущность модульного принципа проектирования заключается в том, что объектив синтезируется из оптических модулей (компонентов, элементов) с известными аберрационными свойствами.

Модульное проектирование позволяет создать стартовую систему объектива, используя только свойства специальных поверхностей и линз, тем самым избежать введения в систему лишних элементов и неоправданного усложнения системы.

При проектировании объективов в качестве оптических модулей были использованы компоненты с апланатической коррекцией аберраций (сферической аберрации и комы): одиночные линзы различной формы с асферикой 2-го порядка; двухзеркальная концентрическая система; апланатические мениски; компенсатор хроматических аберраций в виде «гиперхроматической» линзы.

Содержательная часть. Цель работы: разработка методики расчета светосильных объективов малых полей зрения, используя свойства и особенности апланатических компонентов. При этом необходимо было решить следующие задачи:

1. создание объективов с коррекцией аберраций в пределах всего поля;
2. создание объективов с большим относительным отверстием.

Решение первой задачи было достигнуто тем, что оптическая схема объектива моделировалась из двух компонентов положительной и отрицательной оптической силы, разделенных воздушным промежутком значительной величины.

В случае расчета светосильных линзовых объективов первый компонент положительной оптической силы включал афокальную плоскопараллельную пластинку, склеенную из линз положительной и отрицательной оптической силы из оптических материалов, у которых разность показателей преломления для основной длины волны $n_e\ (\lambda = 0{,}546\ \text{мкм})$ не превосходит 0,002, а разность коэффициентов средней дисперсии ν_e превышает 15, и одиночную линзу положительной оптической силы, у которой выпуклая поверхность, обращенная к плоскости предмета, асферическая с уравнением $y^2 = 2r_0 z - (1-e^2)z^2$, где r_0 – радиус кривизны при вершине поверхности; e^2 – квадрат эксцентриситета поверхности, изменяющийся в пределах 0,5–0,7. Второй компонент отрицательной оптической силы был выполнен в виде

одиночного мениска с увеличением $\beta = n_e^{\times}$ или $\beta = 1^{\times}$, где n_e – показатель преломления для основной длины волны оптического материала мениска.

Плоскопараллельная пластинка, склеенная из линз, с указанными оптическими материалами, позволяет удовлетворительно исправить хроматические аберрации. Положительная одиночная линза с асферической поверхностью второго порядка обеспечивает высокую коррекцию сферической аберрации и комы. Введение в схему второго компонента в виде одиночного мениска с увеличением $\beta = n_e^{\times}$ позволяет исправить кривизну поверхности и астигматизм, а компонент в виде мениска с увеличением $\beta = 1^{\times}$ – получить астигматизм в виде «елочки».

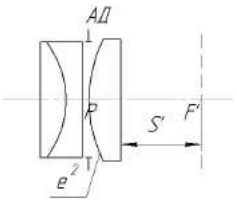
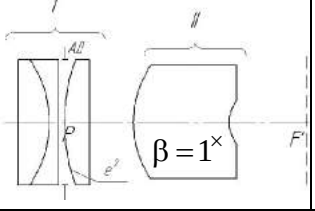
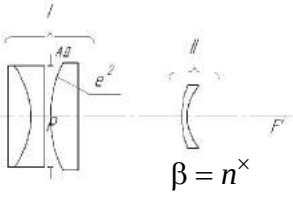
Для увеличения относительного отверстия (решение второй задачи) за одиночной линзой в первом компоненте были введены один, два или три апланатических мениска с линейным увеличением $\beta = (1/n_e)^{\times}$, где n_e – показатель преломления для основной длины волны оптического материала мениска. Введение в оптическую схему объектива апланатических менисков с линейным увеличением $\beta = (1/n_e)^{\times}$ позволило существенно увеличить относительное отверстие объектива до $D/f' = 1{:}2–1{:}1{,}5–1{:}1$.

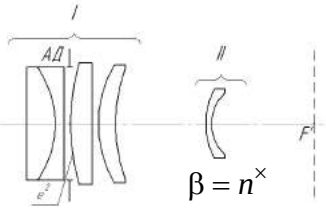
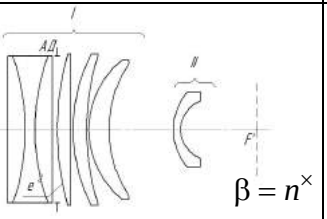
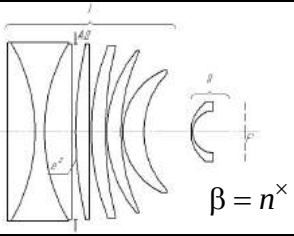
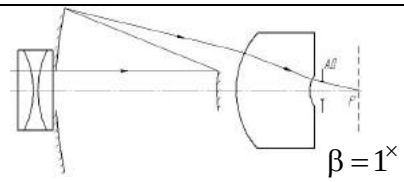
В случае расчета светосильного зеркально-линзового объектива первый компонент положительной оптической силы включал афокальную плоскопараллельную пластинку, склеенную из линз положительной и отрицательной оптической силы, из оптических материалов, у которых разность показателей преломления для основной длины волны n_e $(\lambda = 0{,}546\ \text{мкм})$ не превосходит 0,002, а разность коэффициентов средней дисперсии ν_e превышает 15, и двухзеркальную концентрическую систему. Второй компонент отрицательной оптической силы был выполнен в виде одиночного мениска с увеличением $\beta = 1^{\times}$.

Двухзеркальная концентрическая система обеспечивает высокую коррекцию сферической аберрации, комы и астигматизма. Мениск с увеличением $\beta = 1^{\times}$ позволяет исправить кривизну поверхности, а плоскопараллельная пластинка, склеенная из линз из указанных оптических материалов – хроматические аберрации.

Для иллюстрации методики в таблице представлены схемы рассчитанных объективов с оптическими характеристиками: f' – фокусное расстояние; D/f' – относительное отверстие; 2ω – угловое поле в пространстве предметов и некоторыми особенностями расчета, где S_{III} и S_{IV} – 3-я и 4-я суммы Зейделя, определяющие астигматизм и кривизну поверхности соответственно; z'_s и z'_m – положение фокусов бесконечно тонких пучков лучей в сагиттальной и меридиональной плоскостях от плоскости Гаусса соответственно; $z'_s - z'_m$ – астигматизм.

Таблица. Схемы рассчитанных объективов с оптическими характеристиками

№	1.	2.	3.
Схема объектива			
Оптические характеристики	$f' = 100$ мм; $S' = 93$ мм $D/f' = 1{:}2{,}5$; $2\omega = 6°$	$f' = 100$ мм; $S' = 34$ мм $D/f' = 1{:}2{,}5$; $2\omega = 6°$	$f' = 100$ мм; $S' = 36$ мм $D/f' = 1{:}2{,}8$; $2\omega = 10°$
Особенности	$S_{\text{III}} = 1$; $S_{\text{IV}} = 0{,}7$; $z'_s - z'_m = f' \cdot \text{tg}^2\omega$	$S_{\text{III}} = 1$; $S_{\text{IV}} = -2$; $z'_m = -z'_s$; $z'_s - z'_m = 2f' \cdot \text{tg}^2\omega$	$S_{\text{III}} \approx S_{\text{IV}} \approx 0$; $z'_m \approx z'_s \approx 0$;

№	4.	5.	6.
Схема объектива			
Оптические характеристики	$f' = 100$ мм; $S' = 36$ мм $D/f' = 1:2; 2\omega = 10°$	$f' = 100$ мм; $S' = 34$ мм $D/f' = 1:1,5; 2\omega = 10°$	$f' = 100$ мм; $S' = 30$ мм $D/f' = 1:1; 2\omega = 6°$
Особенности	$S_{III} \approx S_{IV} \approx 0;$ $z'_m \approx z'_s \approx 0;$	$S_{III} \approx S_{IV} \approx 0;$ $z'_m \approx z'_s \approx 0;$	$S_{III} \approx S_{IV} \approx 0;$ $z'_m \approx z'_s \approx 0;$
№	7.		
Схема объектива			
Оптические характеристики	$f' = 100$ мм; $S' = 45$ мм $D/f' = 1:2,5; 2\omega = 6°$		
Особенности	$S_{IV} \approx 0$		

Таким образом, было получено, что у всех рассчитанных объективов достигнута высокая степень коррекции монохроматических аберраций: сферической аберрации, комы, астигматизма, дисторсии и кривизны поверхности изображения.

Заключение. Указанная совокупность признаков позволяет показать необходимое и достаточное количество параметров оптической системы, позволяющее создать объективы с повышенным относительным отверстием и хорошим качеством изображения за счет коррекции сферической аберрации, комы, астигматизма, кривизны поверхности и хроматических аберраций.

Совокупность всех признаков позволяет решить поставленные задачи, исключение одной из них ведет к невозможности реализации объектива с увеличенным относительным отверстием и улучшенной коррекцией аберраций.

Реализация технических преимуществ объективов по предлагаемой методике повышает их разрешающую способность, информативность, что позволяет использовать их в различных областях приборостроения, например, в качестве фотографических объективов малых полей зрения.

Литература

1. Андреев Л.Н. Прикладная теория аберраций: Учебное пособие. – СПб: СПб ГИТМО (ТУ), 2002. – 98 с.
2. Волосов Д.С. Фотографическая оптика. – М.: Искусство, 1978. – 543 с.
3. Русинов М.М. Композиция оптических систем. – Л.: Машиностроение, 1989. – 383 с.

4. Слюсарев Г.Г. Методы расчета оптических систем. – Л.: Машиностроение, 1969. – 672 с.
5. Андреев Л.Н., Комарова Ю.А. Коррекция сферической аберрации в двухзеркальной концентрической оптической системе // Изв. вузов. Приборостроение. – 2008. – Т. 51. – № 1. – С. 71–74.

Лапшов Сергей Николаевич
Год рождения: 1989
Инженерно-физический факультет, кафедра твердотельной оптоэлектроники, группа 6244
Направление подготовки:
223200 Техническая физика
e-mail: serglapshov@gmail.com

УДК 535.324.2

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЩЕЛОКОВ И РЕФРАКТОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИХ КОНТРОЛЯ В СУЛЬФАТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

С.Н. Лапшов
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.Д. Яськов

Инициативная работа творческого характера, содержащая решение проблем, не предусмотренных учебной деятельностью.

Рефрактометрические методы и средства достаточно успешно используются для определения концентраций растворимых сухих веществ в черных щелоках, образующихся в результате сульфатной варки целлюлозы [1]. После нескольких ступеней термического выпаривания эти щелока сжигают в содорегенерационных котлах при концентрациях сухого остатка в большинстве действующих производств до 70–75% и выше, с частичным восстановлением варочных химических компонентов в виде зеленого щелока. Промышленные рефрактометрические датчики могут обеспечить контроль сухого остатка в растворах щелоков на любой из ступеней выпарного процесса, если достоверно известны их оптические свойства. В доступной научно-технической литературе необходимые данные представлены ограниченно и в лучшем случае на качественном уровне. При этом нужно учитывать, что эти данные в большинстве случаев получают в лабораторных условиях при помощи гравиметрического метода, в котором для определения концентрации абсолютно сухого вещества пробу щелока высушивают, сжигают и прокаливают в муфельных печах. В условиях неограниченного доступа воздуха в минеральной части происходят химические преобразования, сильно отличающиеся от тех, которые происходят в содорегенерационном котлоагрегате, и масса образовавшейся золы оказывается больше массы минеральной части. Таким образом, данные получаемые этим методом имеют погрешность до 5%, и не могут быть применены для калибровки промышленных рефрактометров, используемых для определения концентрации сухих веществ в щелоках. В связи с этим **цель настоящей работы** состояла в исследовании оптических свойств растворов щелоков, а также в изучении возможности применения данных по

температурному коэффициенту показателя преломления щелоков для калибровки промышленных рефрактометров [2].

Для исследования оптических свойств щелоков были применены спектральные и рефрактометрические методы.

При изучении спектральных свойств использовался лабораторный спектрометр, сопряженный с персональным компьютером. Данный спектрометр обеспечивает измерение спектров пропускания образцов в видимом диапазоне длин волн с погрешностью не хуже 2%.

Кювета для исследуемых образцов была выполнена из двух пластин кварцевого стекла, между которыми заключалась исследуемая жидкость. Толщина ее слоя составляла 0,05 мм.

Результаты исследований спектров пропускания черных щелоков с концентрациями сухого остатка 9–24% представлены на рис. 1.

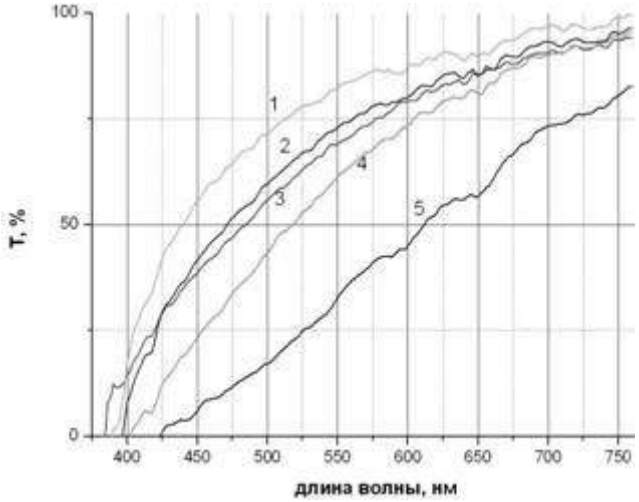


Рис. 1. Спектры пропускания черных щелоков в кювете толщиной 0,05 мм при концентрациях сухого остатка, %: 1 – 9,1; 2 – 13,3; 3 – 15,3; 4 – 20,0; 5 – 24,3

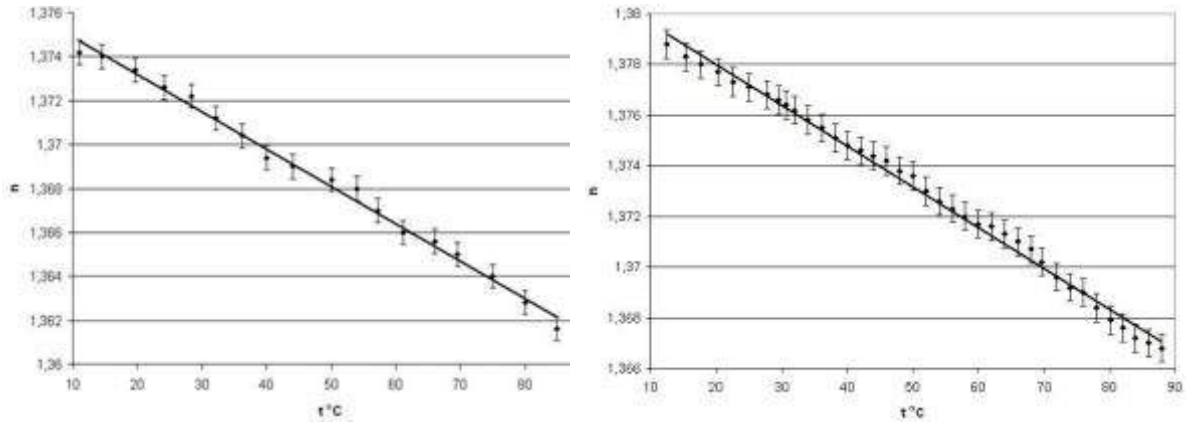
Отчетливо видно, что максимум пропускания черного щелока находится вблизи длинноволновой области спектра, поэтому при работе с растворами черного щелока в лабораторных или в производственных условиях, желательно использовать осветители, максимум излучения которых находится в красной области спектра.

Измерение показателя преломления производилось на рефрактометре УРЛ-1. В данном виде рефрактометра предусмотрена возможность изменения температуры исследуемого образца: измерительная и осветительная призмы вмонтированы в полые металлические камеры, по которым может циркулировать термостатирующая вода. Исходя из этого, совмещенный вместе с термостатом прокачного типа рефрактометр дает возможность измерять показатель преломления при изменении температуры, что, в свою очередь, дает необходимые данные для нахождения температурного коэффициента показателя преломления образца.

Были измерены показатели преломления растворов черного щелока в температурном диапазоне от 15°С до 90°С. Результат измерений зависимости показателя преломления от температуры для образца черного щелока с концентрацией сухого вещества 24% представлен на рис. 2, а.

Уравнение кривой аппроксимации для пробы черного щелока с концентрацией κ=24,6% имеет вид:

$$n = 1{,}3766 - 1{,}6981 \cdot 10^{-4} \cdot t\,. \qquad (1)$$



а б

Рис. 2. Зависимость показателя преломления от температуры: для черного щелока с концентрацией сухого вещества *к*=24,6% (а); для зеленого щелока с концентрацией *к*=28,2% (б)

Кривые, рассчитанные теоретически, не выходят за планки погрешности в 0,04% вблизи точек, измеренных в эксперименте.

Можно сделать следующие выводы для модели раствора черного щелока в воде как двухкомпонентной смеси:

1. по мере увеличения концентрации черного щелока в водном растворе, показатель преломления становится больше, так как увеличивается число молекул в единице объема раствора;
2. при увеличении температуры, вследствие объемного расширения воды, число молекул черного щелока в единице объема раствора уменьшается и поэтому показатель преломления становится меньше.

Также исследовались оптические свойства зеленого щелока, который является продуктом регенерации отработанной щелочи. Измерялась зависимость показателя преломления от температуры для образцов с концентрациями 28 и 15%.

Результат измерения показателя преломления водного раствора зеленого щелока в температурном диапазоне от 10°С до 80°С представлен на рис. 2, б.

Уравнение кривой аппроксимации для раствора зеленого щелока с концентрацией *к*=28,2%:

$$n = 1{,}3812 - 1{,}609 \cdot 10^{-4} \cdot t\,. \qquad (2)$$

Результаты данных измерений могут быть применены при калибровке промышленных рефрактометров, установленных на линии каустизации зеленого щелока для контроля содержания активной щелочи на этапах от растворения плава до самого каустизатора и осветлителя белого щелока. Полученные зависимости $n(t)$ были близки к линейным во всем диапазоне концентраций. Температурный коэффициент показателя преломления составил dn/dt =–0,00018 1/град при *к*=10–25%, а соответствующая поправка к показаниям рефрактометра в этом диапазоне концентраций – $\Delta к$=+0,08 %/град.

Спектры пропускания в пробах $T(\lambda)$ (рис. 1) черных щелоков с концентрацией сухого остатка *к*=10–24% измерялись в диапазоне длин волн λ=380–760 нм в кварцевой кювете с длиной прохода 0,05 мм. Наблюдаемые спектры характеризовались монотонным возрастанием в коротковолновой области длин волн.

Характер спектральных зависимостей $T(\lambda)$ (рис. 1) позволяет предполагать, что в составе рефрактометрического датчика предпочтительнее использовать излучатели на длины волн в красной или ближней инфракрасной области спектра (λ=630–1000 нм). При этом может быть несколько уменьшено связанное с поглощением в среде

уширение границы «свет-тень» на ПЗС-линейке, что упрощает и повышает точность цифровой обработки результатов измерений.

Литература

1. Белов Н.П., Лапшов С.Н., Шерстобитова А.С., Яськов А.Д. Промышленные рефрактометры для контроля черных щелоков в целлюлозно-бумажном производстве // Сб. статей XII международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности». – Изд-во Политехнического ун-та. – 2011. – Т. 2.
2. Лапшов С.Н., Акмаров К.А., Артемьев В.В., Белов Н.П., Майоров Е.Е., Патяев А.Ю., Смирнов А.В., Шерстобитова А.С., Шишова К.А., Яськов А.Д. Промышленные рефрактометры и их применение для контроля химических производств // Приборы. – 2012. – № 4 (142). – С. 1–8.

Лашманов Олег Юрьевич
Год рождения: 1989
Факультет оптико-электронных приборов и систем,
кафедра оптико-электронных приборов и систем, группа 6310
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
e-mail: o.lashmanov@gmail.com

УДК 681.786

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ФОКУСИРОВКИ

О.Ю. Лашманов
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Краснящих

Гранты РФФИ № 02.740.11.0169, Государственный контракт № 01200959042, № П1112, №П1319, № П1384, № П684.

Фокусировка является важной операцией, как для измерительных систем, так и для систем, предназначенных для наблюдения за объектами. Для облегчения и ускорения процессов измерения решающую роль играет возможность автоматической фокусировки системы. Кроме того проводить измерения объектов, перемещающихся в продольном направлении зачастую просто невозможно без автоматической фокусировки.

В работе было рассмотрены принципы и методы автоматической фокусировки, предложен метод автоматической фокусировки, позволяющий получать качественное изображение и обладающий хорошим быстродействием.

В работе рассматривались следующие методы.

1. Метод фокусировки по контрасту. Захватывающий модуль получает изображение с видеокамеры и передает в модуль поиска грани, результатом его работы становится изображение со светлыми границами и темным фоном. Далее модуль анализа границ определяет среднее значение и среднеквадратическую сумму яркостей всех пикселей. Затем вычисленные значения передаются в решающий модуль. После чего объектив перефокусируется на малую величину в любую сторону, и цикл повторяется. В решающем модуле определяется разность поступивших значений от двух последовательных итераций, если эта разность положительна и больше чем

значение шума, то принимается решение о смещении точки фокусировки от объектива, в противном случае точку фокусировки смещают в сторону объектива. Если же полученная разность не превышает шумового значения, то принимается решение о сфокусированности на объект.

2. Метод фокусировки по частотному спектру. Захватывающий модуль получает изображение и передает его в модуль, осуществляющий Фурье-преобразование над изображением. Результатом этого преобразования становится спектр изображения, обрабатываемый в модуле спектрального анализа. После чего объектив перефокусируется на малую величину в любую сторону, и цикл повторяется. В результате обработки последовательных кадров на решающий модуль поступают значения частотно-контрастных характеристик (ЧКХ), на основе которых, путем сравнения двух величин, принимается решение, в какую сторону необходимо перемещать объектив для наилучшей фокусировки. В решающем модуле определяется разность поступивших значений ЧКХ от двух последовательных итераций, если эта разность положительна и больше, чем значение шума, то принимается решение о смещении точки фокусировки от объектива, в противном случае точку фокусировки смещают в сторону объектива. Если же полученная разность не превышает шумового значения, то принимается решение о сфокусированности на объект.
3. Метод фокусировки по многомасштабному преобразованию. Как известно, вейвлет-преобразование представляет собой многомасштабное преобразование. А степень фокусировки можно определять по количеству мелких деталей, различимых на изображении объекта. Таким образом, если из искомого изображения выбелить мелкие детали (произвести вейвлет-преобразование с соответствующим масштабом) в области объекта, то можно уверенно говорить о фокусированности системы.

В работе используется вейвлет-преобразование с базисной функцией семейства Хаара. Такой базис характеризуется относительной простотой реализации и скоростью выполнения.

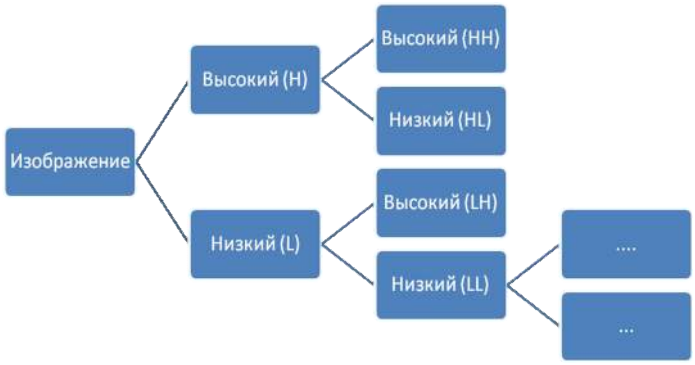


Рис. 1. Пояснение к алгоритму фокусировки по многомасштабному преобразованию

На рис. 1 представлена схема разбиения изображения на разные масштабы при помощи вейвлет-преобразования Экспериментально, было выяснено, что наиболее информативными являются разложения высокий-высокий, высокий-низкий, низкий высокий.

Все исследованные методы реализованы в программной среде LabVIEW.

Для исследования приведенных методов был разработан стенд автоматической фокусировки.

Для проверки работоспособности алгоритмов автофокусировки, а также выбора лучшего метода разработан экспериментальный стенд (рис. 2). Основная задача стенда определение сфокусированности системы на тест-объект.

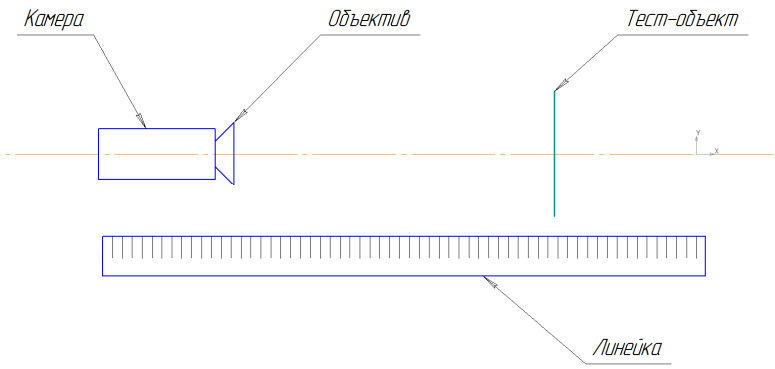


Рис. 2. Схема эксперимента

Для проверки алгоритмов фокусировки понадобилась цифровая камера с объективом, позволяющим производить фокусировку. Для обработки результатов в реальном времени использовался персональный компьютер с разработанным программным обеспечением, реализующим обработку изображения по составленным алгоритмам. В качестве линейки использовалась моторизированная подвижка фирмы Standa для автоматизации всех экспериментов. Для управления фокусировочной подвижкой использовался шаговый двигатель с управлением, реализованным на аппаратной платформе Arduino.

В ходе работы производились исследования зависимости точности автофокусировки:

– от расстояния до объекта;
– от контраста изображения;
– от величины области интересов, в пределах которой производится фокусировка.

Основываясь на проведенных исследованиях, наилучшим методом пассивной автоматической фокусировки по совокупности параметров признан метод фокусировки по частотному спектру, так как он имеет неплохую чувствительность фокусировки при нормальных условиях и обладает отличной устойчивостью к ухудшению контраста. Кроме того, этот метод не чувствителен к величине области интересов, определяемой, оператором на точность автофокусировки. Однако в случаях, когда предполагается хорошая контрастность изображаемой картины, целесообразно использовать метод фокусировки по многомасштабному преобразованию, так как он показывает наибольшую чувствительность к поперечным смещениям объекта. Стоит отметить основное достоинство метода фокусировки по контрасту – это его простота реализации.

Литература

1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений в 2-х книгах. – М.: Мир, 1982.
2. Шульман М.Я. Автоматическая фокусировка оптических систем. – Л.: «Машиностроение», 1990. – 253 с.
3. Лашманов О.Ю., Ярышев С.Н., Пантюшин А., Тимофеев А.Н. Исследование возможности применения спектрозонального метода для ослабления влияния воздушного тракта в оптико-электронных системах контроля положения // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 3 (73). – С. 5–9.
4. Тимофеев А.Н., Анисимов А.Г., Лашманов О.Ю., Ярышев С.Н. Multispectral Method for Air Tract Influence Attenuation, in Frontiers in Optics // Optical Society of America. – 2011. – paper JWA24.
5. Васильев А.С., Коротаев В.В., Краснящих А.В., Лашманов О.Ю., Ненарокомов О.Н. Совмещение тепловизионного и телевизионного изображений при

обследовании строительных конструкций зданий и сооружений // Приборостроение. – 2012. – № 4. – С. 12–17.

Литвин Александр Петрович
Год рождения: 1988
Факультет фотоники и оптоинформатики, кафедра оптической физики и современного естествознания, группа 6353
Направление подготовки:
200700 Фотоника и оптоинформатика
e-mail: litvin88@gmail.com

УДК 535

КИНЕТИКА ЗАТУХАНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В КВАНТОВЫХ ТОЧКАХ СУЛЬФИДА СВИНЦА

А.П. Литвин
Научный руководитель – д.ф.-м.н., ст.н.с. А.В. Баранов

Введение. В последнее десятилетие одним из наиболее перспективных материалов для ближнего инфракрасного (ИК) диапазона становятся квантовые точки (КТ) узкозонных полупроводников, такие как КТ сульфида свинца (PbS). Оптические переходы в КТ PbS, в зависимости от размера КТ, охватывают как видимую, так и всю ближнюю инфракрасную область спектра. Уже сегодня они находят широкое применение в телекоммуникационных системах, биомедицинских исследованиях и солнечной энергетике. КТ PbS характеризуются большим радиусом Бора и диэлектрической проницаемостью, а также малыми и равными эффективными массами электронов и дырок, что позволяет исследовать режим сильного квантового конфайнмента уже при относительно больших размерах нанокристаллов.

Несмотря на неослабевающий интерес к этим объектам, большинство работ, посвященных КТ PbS, ограничивались, главным образом, исследованием нанокристаллов малого размера, что связано с трудностями проведения прецизионных люминесцентных измерений в спектральном диапазоне далее 1,3–1,4 мкм. В связи с этим наиболее интересная для использования в системах телекоммуникации область оставалась неисследованной, и, что более важно, не были предприняты попытки систематизации результатов для КТ разного размера. Другой важной проблемой, связанной с изучением КТ PbS, является то, что даже с учетом эффекта диэлектрического экранирования времена жизни люминесценции в КТ PbS не должны превышать ~250 нс. В то же время рядом исследовательских групп зарегистрированы необычно большие, вплоть до ~2 мкс, времена жизни.

Понимание механизмов энергетической и фазовой релаксации необходимо для конструирования оптоэлектронных устройств и элементной базы фотоники. Уникальные физические свойства КТ PbS открывают возможность создания нового поколения телекоммуникационных и вольтаических устройств, наносенсоров и ИК-матриц для визуализации изображений. В этой связи исследование принципиальных зависимостей электрических и оптических свойств КТ от их размера приобретает особое значение.

Цели и задачи работы. Работа посвящалась экспериментальному исследованию излучательной релаксации в полупроводниковых КТ PbS методами абсорбционной и люминесцентной спектроскопии. Основной **целью работы** было выявление размерных закономерностей динамики электронных возбуждений путем получения и анализа

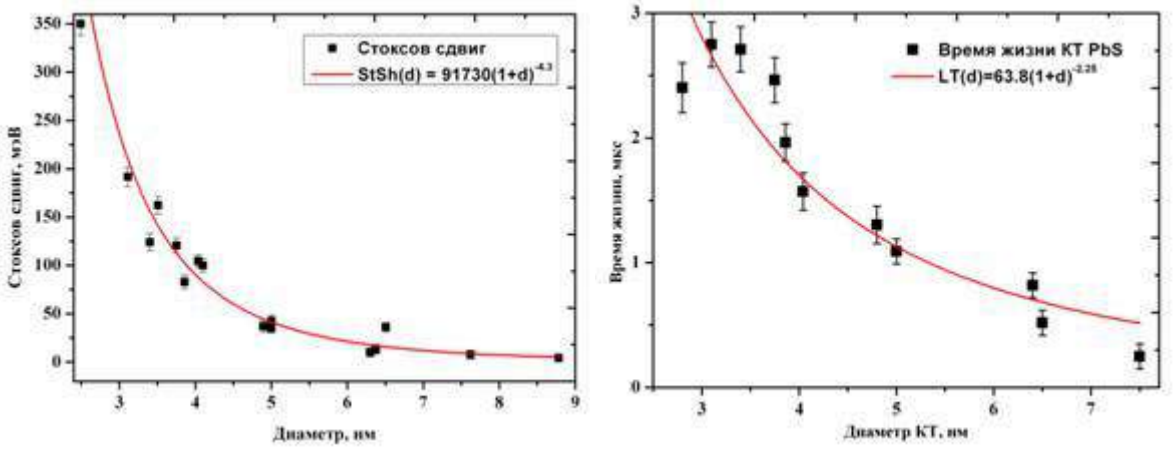
данных о процессах, протекающих в КТ, размеры которых меняются в широких пределах. Полосы люминесценции исследуемых КТ, синтезированных с помощью метода горячей инжекции, лежат в области 0,8–2 мкм и охватывают практически весь ближний ИК-диапазон, что позволяет установить общие закономерности процессов в КТ PbS.

Для выполнения поставленной в работе цели было необходимо решить ряд задач, среди которых:

- калибровка оригинального спектрофлуориметрического комплекса;
- создание измерительного комплекса для изучения кинетики люминесценции;
- экспериментальное исследование спектров поглощения, люминесценции, квантового выхода и времен жизни люминесценции;
- построение модели, объясняющей наблюдаемые экспериментально результаты.

Описание и анализ результатов работы. В ходе работы были получены спектры поглощения и люминесценции, а также исследована кинетика затухания люминесценции для КТ PbS диаметром 2,5–9 нм, полученных с помощью органометаллического синтеза и приготовленных в виде растворов в тетрахлорметане. Зарегистрированные времена жизни люминесценции лежат в диапазоне 250 нс–2,5 мкс. При этом для КТ большого размера с переходами в области 1,6–1,7 мкм времена затухания люминесценции близки к расчетным, а стоксов сдвиг не превышает 4–5 мэВ. В тоже время КТ малого размера (2,5–4 нм) характеризуются крайне большими временами жизни (более 2 мкс), а стоксов сдвиг достигает 200 мэВ.

Данные результаты подтверждают существование дополнительного канала релаксации через долгоживущее энергетическое состояние, располагающееся внутри запрещенной зоны (below-gap state). Положение этого уровня находится в зависимости от величины энергии конфайнмента и, соответственно, размера КТ. Большие времена жизни люминесценции могут быть связаны именно с этим энергетическим состоянием, собственное время жизни которого может намного превышать время жизни фундаментального перехода. Полученные размерные зависимости стоксового сдвига и времен жизни люминесценции представлены на рис. 1.

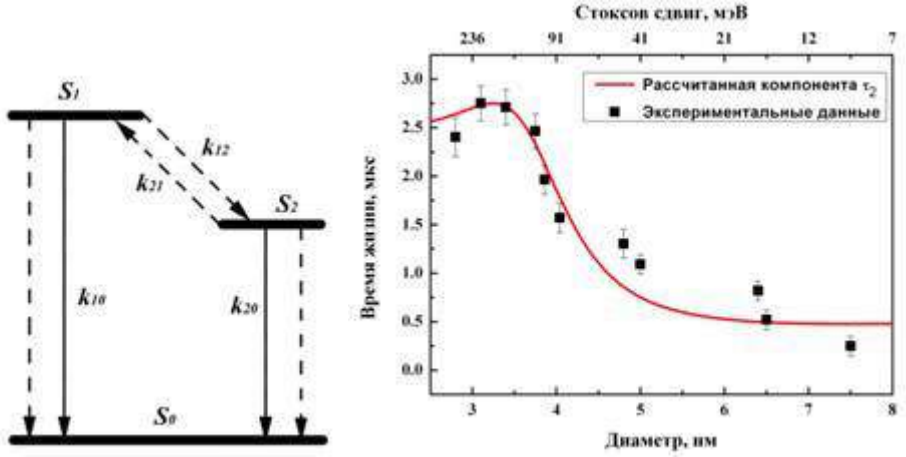


а б

Рис. 1. Размерные зависимости: стоксового сдвига (а); времен жизни люминесценции (б)

Для объяснения наблюдаемых экспериментально результатов рассмотрена модель трехуровневой системы, в которой излучательная рекомбинация может происходить с уровней S_1 и S_2. Собственное время жизни уровня S_1 предполагается соответствующим расчетному для фундаментального перехода, уровня S_2 – на порядок больше, что связано с регистрацией микросекундных времен жизни люминесценции для КТ малого размера. Схематически модель трехуровневой системы изображена на рис. 2, а. Уровни

S_1 и S_2 связаны скоростями безызлучательных переходов k_{12} и k_{21}, причем последняя экспоненциально зависит от температуры и величины энергетического зазора. Поскольку измерения проводились при комнатной температуре, учитывались переходы, как с понижением, так и с повышением энергии. Для получения информации о временах жизни исследовались уравнения для населенностей, причем учитывались зависимость радиационного времени жизни от энергии перехода и эффект диэлектрического экранирования.



а б

Рис. 2. Модель трехуровневой системы (а); сравнение экспериментальных данных и рассчитанной медленной компоненты затухания люминесценции (б)

Анализ результатов показал, что в общем случае должен наблюдаться биэкспоненциальный закон затухания люминесценции, а аномальная размерная зависимость времен жизни люминесценции связана с возможностью переходов, как с понижением, так и повышением энергии при комнатной температуре. При большом энергетическом зазоре между уровнями (КТ наименьшего диаметра) трансфер электронов обратно на уровень S_1 с уровня S_2 практически не имеет место, поэтому время жизни τ_2 определяется в основном естественной зависимостью от частоты перехода (кривые совпадают). Затем, при сокращении энергетического зазора термическая активация носителей становится более вероятной, и появляется дополнительный канал для снижения населенности уровня S_2, что приводит к перепутыванию двух этих энергетических состояний, биэкспоненциальному распаду и плавному уменьшению времени жизни τ_2.

Заключение. В ходе исследования разработан способ калибровки чувствительности приборов в ближней ИК-области по спектру абсолютно черного тела и проведена прецизионная калибровка оригинального спектрофлуориметрического комплекса для работы в ИК-диапазоне. Получена калибровочная кривая, учитывающая поглощение водяными парами и аппаратные особенности установки, позволяющая получать истинные спектры люминесценции. Создан измерительный комплекс для кинетического анализа люминесценции в ближнем инфракрасном диапазоне (0,8–2 мкм). Комплекс позволяет проводить высокоточные измерения кинетики затухания в диапазоне времен 0,01–10 мкс. В работе впервые исследованы размерные зависимости спектральных и кинетических параметров люминесценции квантовых точек сульфида свинца в широком спектральном диапазоне. Методами люминесцентной и абсорбционной спектроскопии определена зависимость величины стоксового сдвига от размера нанокристаллов и относительный квантовый выход. Наблюдаемая зависимость может свидетельствовать о существовании энергетического уровня, располагающегося внутри запрещенной зоны. Получена размерная зависимость времен жизни

люминесценции квантовых точек сульфида свинца с оптическими переходами в диапазоне 0,9–2 мкм; зарегистрированные времена жизни лежат в диапазоне 0,25–2,7 мкс и намного превышают предсказанные теорией. Кроме того, наблюдается увеличение времени жизни люминесценции с увеличением частоты соответствующего энергетического перехода. На основе теоретических представлений о процессе замедленной флуоресценции и формализме кинетических уравнений для населенностей уровней и экспериментальных данных о размерных зависимостях энергетических переходов, времен жизни и стоксового сдвига проведено моделирование кинетики и относительных эффективностей люминесценции квантовых точек сульфида свинца в широком диапазоне размеров нанокристаллов. Показано, что при существовании энергетического уровня внутри запрещенной зоны излучательная релаксация с него будет доминирующей для квантовых точек малого размера, а переходы, как с понижением, так и повышением энергии приводят к тому, что закон затухания люминесценции должен описываться суммой двух экспонент. При этом одна компонента времени лежит в субнаносекундном диапазоне, а вторая может меняться в широких пределах и хорошо описывает экспериментальные данные.

Майоров Дмитрий Сергеевич
Год рождения: 1989
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга, группа 6212
Направление подготовки:
223200 Техническая физика
e-mail: dimayorov@yandex.ru

УДК 536.656:004.94

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЩИЩЕННЫХ МОДУЛЕЙ ПАМЯТИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОЖАРА

Д.С. Майоров
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.Ю. Захарова

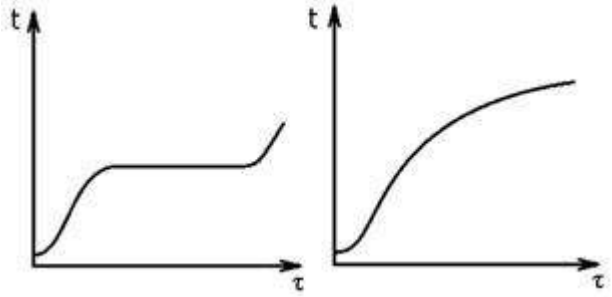
На сегодняшний день бортовые устройства регистрации (БУР) – неотъемлемая часть любого авиационного, морского судна, многих автомобилей. Их назначение – сохранять информацию о параметрах транспортного средства в защищенном модуле памяти (ЗМП), который входит в состав БУР. Зачастую в средствах массовой информации ЗМП называют «черными ящиками». Согласно международным стандартам [1, 2] ЗМП должен выдерживать два типа теплового воздействия: высокотемпературное воздействие пожара (1 час при температуре пламени 1100°С) и низкотемпературное воздействие пожара (10 часов при температуре среды 260°С). Для защиты информации, записанной на ЗМП, обычно используют многослойную тепловую защиту. Она включает в себя активную и пассивную тепловую защиту. В качестве пассивной тепловой защиты используют материал с низким коэффициентом теплопроводности (теплоизолятор), а в качестве активной – материал, который вступает в фазовый или химический переход с поглощением теплоты в температурном диапазоне теплового воздействия.

На сегодняшний день одной из тенденций развития ЗМП является уменьшение их массы и размеров. **Цель работы** – выбрать тепловую защиту ЗМП, которая позволит уменьшить объем конструкции, при этом обеспечит полное прохождение испытаний

тепловым воздействием пожара согласно требованиям международных стандартов. А также на основании экспериментальных данных получить модель активного вещества и расчетную модель ЗМП, которая позволит прогнозировать результаты испытаний с достаточной степенью точности. Расчетная модель ЗМП должна быть пригодной для модуля оптимизации, чтобы использовать ее для поиска оптимального соотношения слоев пассивной и активной тепловой защиты.

В ходе работы проведена серия испытаний высокотемпературными и низкотемпературными воздействиями пожара на ЗМП различных конфигураций с различными материалами тепловой защиты. Из результатов проведенных испытаний были выявлены материалы тепловой защиты, которые позволили снизить объем ЗМП более чем в 2 раза по сравнению с ЗМП, выпускаемыми в производстве в России на сегодняшний день. Следует отметить, что данная конфигурация тепловой защиты показала хороший запас времени работы в сравнении с требованиями международных стандартов: более шести часов при низкотемпературном воздействии пожара и более получаса при высокотемпературном воздействии пожара.

Эксперименты показали, что в некоторых конструкциях ЗМП характер роста температуры внутри тепловой защиты при высокотемпературном воздействии пожара отличается от роста температуры внутри тепловой защиты других конструкций ЗМП при аналогичном воздействии и низкотемпературном воздействии пожара. Было сделано предположение, что ход кривой температуры внутри защиты ЗМП зависит от интенсивности теплового воздействия на активную тепловую защиту ЗМП. Общий вид этих кривых представлен на рис. 1, где t – температура, τ – время.



а б

Рис. 1. Рост температуры внутри тепловой защиты от времени при низкоинтенсивном (а) и высокоинтенсивном (б) воздействии пожара

В результате предлагается использовать две различные модели активного материала для различных воздействий. Был выведен критерий, который определяет, по какой модели активного материала работает используемая тепловая защита в зависимости от интенсивности воздействия. Формула критерия интенсивности выглядит следующим образом:

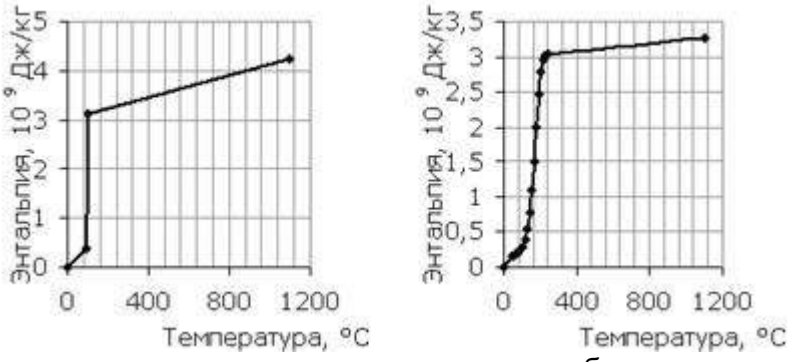
$$k = \sigma_{\text{пас.}} \cdot \left(t_{\text{возд}} - t_0\right) \cdot \frac{A_{\text{вн.акт.}}}{A_{\text{вн.пас.}}} \cdot \frac{V_{\text{пас.}}}{V_{\text{т.з.}}}, \quad (1)$$

где $\sigma_{\text{пас.}}$ – тепловая проводимость пассивной защиты, Вт/К; $t_{\text{возд}}$ – температура воздействия, °С; t_0 – начальная температура ЗМП; °С; $A_{\text{вн.акт.}}$ – площадь внешней поверхности активной тепловой защиты, м^2, $A_{\text{вн.пас.}}$ – площадь внешней поверхности пассивной тепловой защиты, м^2; $V_{\text{пас.}}$ – объем пассивной тепловой защиты, м^3; $V_{\text{т.з.}}$ – объем всей тепловой защиты, м^3.

Соотнеся полученные значения коэффициентов интенсивности с кривыми температуры внутри защиты в испытаниях, было выявлено, что воздействие в испытании ЗМП является высокоинтенсивным, когда коэффициент интенсивности не

ниже 140 Вт, и низкоинтенсивным, когда он не превышает 66 Вт. Область значений критерия интенсивности между 66 и 140 Вт требует дальнейшего изучения.

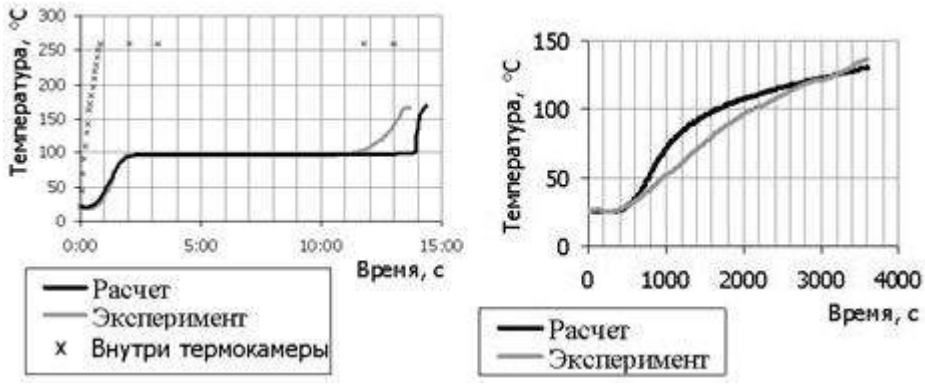
Зависимость энтальпии от температуры для низкоинтенсивного воздействия пожара была получена на основе экспериментальных данных в предположении, что энтальпия активного материала представляется в виде кусочно-линейной функции. Параметры фазового перехода определялись методом параметрической оптимизации нулевого порядка в CAE-системе, где в качестве переменной конструкции использовалась удельная теплота фазового перехода активного вещества, а в качестве целевой функции абсолютная величина разности теоретического и экспериментального значения времени достижения температуры модулей памяти 120°С. Зависимость энтальпии от температуры для высокоинтенсивного воздействия пожара определялась из результатов дифференциального термического анализа (ДТА) активного материала [3, 4]. Полученные зависимости энтальпии активного вещества от температуры для низко- и высокоинтенсивного теплового воздействия представлены на рис. 2.



а б

Рис. 2. Температурная зависимость энтальпии активного вещества при низкоинтенсивном (а) и высокоинтенсивном (б) воздействии пожара

Для проверки адекватности полученных моделей материала активного вещества, проведено сравнение результатов расчетов и испытаний при низкотемпературном и высокотемпературном воздействии пожара на ЗМП различных конструкций. Погрешность расчетов не превысила 20%, сравнение результатов двух расчетов ЗМП с результатами испытаний тепловым воздействием пожара представлено на рис. 3. Приведенные графики на рис. 3 являются типичными для испытаний ЗМП низко- и высокоинтенсивным воздействием пожара.



а б

Рис. 3. Сравнение результатов расчетов с результатами экспериментов при низкоинтенсивном (а) и высокоинтенсивном (б) воздействии пожара

В ходе выполнения работы проведены испытания ЗМП различных конфигураций низко- и высокоинтенсивным воздействием пожара. Из результатов испытаний

определены материалы тепловой защиты ЗМП, благодаря которым удалось снизить объем конструкции более чем в 2 раза по сравнению с ныне выпускаемой на ОАО «НПО «Прибор». Разработана методика определения теплоты фазового перехода активной тепловой защиты ЗМП на основе экспериментальных данных. Получены расчетные модели ЗМП, которые дают результаты, близкие к результатам экспериментов. Погрешность расчетной модели ЗМП не превышает 20%. Соответствие расчетных и экспериментальных данных подтверждает сделанное предположение о том, что поведение активного вещества зависит от степени интенсивности воздействия на него. Результаты проделанной работы были использованы при модернизации выпускаемых в продажу конструкций ЗМП на ОАО «НПО «Прибор».

Литература

1. TSO-C124b. Flight Data Recorder Systems. – Acc. 2007-10-04. – Washington, D.C.: FAA. – 11 p.
2. Draft ED-112. Minimum operational performance specification for crash protected airborne recorder systems. – Acc. 2002-10-23. – Paris. – 220 p.
3. Шестак Я. Теория термического анализа. Физико-химические свойства твердых неорганических веществ. – М.: Мир, 1987. – 456 с.
4. Майорова А.Ф. Термоаналитические методы исследования // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – Вып. 10. – С. 50–54.

Моторин Андрей Владимирович
Год рождения: 1989
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра информационно-навигационных систем, группа 6163
Направление подготовки:
220200 Навигационные информационно-управляющие комплексы
e-mail: motorin.a@mail.ru

УДК 621.396.98

РАЗРАБОТКА МАКЕТА МАЛОГАБАРИТНОЙ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ С КОРРЕКЦИЕЙ ПО ВНЕШНИМ ДАННЫМ

А.В. Моторин
Научный руководитель – д.т.н., ст.н.с. О.А. Степанов

Государственный контракт на выполнение НИОКР по программе конкурса «У.М.Н.И.К.» № У-2011-3/1; грант РФФИ 11-08-00372 (2011–2013 г.г.); НИР «Экспериментальная оценка достижимой точности определения местоположения и ориентации с использованием СНС и дополнительных средств для объекта, двигающегося с малой скоростью в городских условиях», ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2011 г.

Введение. Одно из современных направлений в навигационном приборостроении связано с разработкой интегрированных инерциально-спутниковых систем ориентации и навигации, основанных на использовании информации от недорогих инерциальных измерительных модулей, включающих микромеханические чувствительные элементы (датчики угловой скорости и акселерометры), и внешние средства коррекции, наиболее

распространенными из которых являются спутниковые навигационные системы. При создании таких систем весьма важной составляющей является разработка математического обеспечения, включающего алгоритмы идеальной работы, позволяющие вырабатывать навигационные параметры и параметры ориентации, и алгоритмы коррекции, основанные, как правило, на использовании фильтров калмановского типа. В связи с этим существует насущная потребность в наличии средств, облегчающих отладку и изучение алгоритмов работы таких систем. В настоящее время существует комплекс, предназначенный для отладки и изучения обсуждаемых алгоритмов, реализованных в пакете MATLAB/Simulink [1]. Этот комплекс позволяет моделировать различные режимы работы интегрированной системы, как по имитационным, так и по реальным данным, записанным в ходе испытаний. Отличительная его особенность заключается в том, что обработка осуществляется в камеральном режиме, что связано, в том числе, и с наличием дорогостоящей аппаратуры. Вместе с тем, крайне желательно иметь возможность апробировать алгоритмы не только в камеральном режиме, но и в реальном времени. Именно такая задача и была решена в ходе выполнения магистерской диссертации, в рамках которой разработан действующий макет малогабаритной бесплатформенной системы ориентации с коррекцией по внешним данным, предназначенный для исследования, отработки и изучения алгоритмов идеальной работы инерциальной системы и алгоритмов ее коррекции, с использованием внешних данных, обрабатываемых в реальном времени.

Актуальность выполнения такой работы, ориентированной на использование малогабаритной аппаратуры, обусловлена, в том числе, интенсивным внедрением интегрированных систем ориентации и навигации, основанных на использовании информации от недорогих инерциальных измерительных модулей, применительно к различным подвижным объектам, включая самого человека [2]. Необходимость создания удобных средств изучения датчиков и принципов построения навигационных систем обсуждаемого типа подтверждается, в частности, материалами последнего симпозиума ИФАК по образовательным технологиям [3].

Описание разработанного макета и его возможностей. Разработанный макет включает малогабаритный инерциальный измерительный модуль ADIS 16405 на микромеханических чувствительных элементах (ЧЭ), плату Experimenter Kit микроконтроллера TMS320 F28335 и персональный компьютер с установленной средой разработки LabVIEW (рисунок). В нем предусмотрены:

- возможность приема информации от ЧЭ инерциального измерительного модуля по интерфейсу SPI в микроконтроллер, осуществляющий преобразование интерфейсов и передачу данных через COM-интерфейс на персональный компьютер (ПК);
- реализация алгоритмов обработки навигационных данных на ПК в реальном времени в среде LabVIEW и визуализация полученных результатов;
- возможность программирования микроконтроллера согласно разработанному алгоритму и исключения из состава макета ПК.

Рисунок. Блок-схема макета

В случае использования ПК обеспечивается: обработка данных, поступающих от ЧЭ в реальном времени, или из заранее сформированного файла; использование в одном алгоритме различных способов приема данных от ЧЭ; реализация параллельных циклов обработки информации на различных частотах в одном алгоритме; интерактивная отладка алгоритмов без разрыва связи с ЧЭ; наглядное представление, как самой схемы обработки, так и получаемых с ее использованием конечных и промежуточных результатов; запись в файл результатов работы алгоритмов и данных ЧЭ.

На базе макета реализована система определения ориентации по данным микромеханического гироскопа (ММГ) блока ADIS 16405 с коррекцией по информации от многоантенной приемной аппаратуры спутниковой навигационной системы. Коррекция осуществляется с использованием фильтра Калмана, включенного по слабосвязанной замкнутой схеме, при этом задачи ориентации и коррекции решаются на различных частотах.

С помощью разработанного макета исследована эффективность алгоритмов фильтрации, обеспечивающих решение задачи коррекции, включая алгоритм с гарантированным качеством оценивания [4].

В дальнейшем предполагается: использовать макет для разработки и проведения цикла лабораторных работ на кафедре информационно-навигационных систем Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики; доработать математическое обеспечение с целью реализации в полном объеме алгоритмов идеальной работы бесплатформенной навигационной системы, использующей данные ММГ и акселерометров, и алгоритмов ее коррекции, в том числе, и с использованием блока магнитометров ADIS 16405 и спутниковых данных; реализовать разработанное математическое обеспечение в микроконтроллере TMS320, что создаст хорошие предпосылки для более эффективного использования макета при исследовании эффективности разрабатываемых систем индивидуальной навигации, включая системы для слабовидящих людей.

Литература

1. Анучин О.Н., Емельянцев Г.И. Интегрированные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов / Под ред. В.Г. Пешехонова. – СПб: ЦНИИ «Электроприбор», 2003. – 390 с.

2. Моторин А.В., Люкшонков Р.Г., Степанов О.А., Давидсон П. Состояние и перспективы развития пешеходной навигации на базе инерциальных датчиков // Труды 20-го международного научно-технического семинара «Современные технологии в задачах управления и обработки информации». – Пенза, 2011.
3. Palkovic L., Rodina J., Chovanec L., Hubinsky P. Integration of Inertial Measuring Unit Platform into MATLAB Simulink // Proceeding the 9th IFAC Symposium Advances in Control Education The IFAC. – Nizhny Novgorod, Russia, June 19–21, 2012.
4. Моторин А.В., Тосикова Т.П. Анализ эффективности применения субоптимальных алгоритмов с гарантированным качеством оценивания при решении навигационных задач // Гироскопия и навигация. – 2011.– № 2 (73). – P. 85.

Откеева Анна Викторовна
Год рождения: 1989
Инженерно-физический факультет, кафедра лазерных технологий и экологического приборостроения, группа 6248
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
e-mail: ovaorange@gmail.com

УДК 535-1/-3

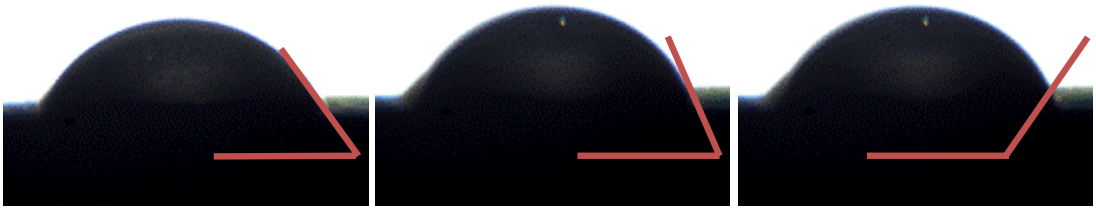
ЛАЗЕРНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОГЕОМЕТРИИ РЕЛЬЕФОВ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

А.В. Откеева
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.П. Вейко

В работе рассматривались методы формирования геометрии поверхности стали при воздействии лазера ИК-диапазона. Улучшение свойств используемых в промышленности и быту изделий и материалов требует создания антикоррозионных, антиобледенительных, антиэммисионных и других функциональных поверхностей. Требования к микрогеометрии поверхности полосы определяются ее назначением и особенностями получения готовых изделий. Микрорельеф поверхности характеризуется высотой микронеровностей (для оценки наиболее часто используется параметр *Ra* – среднеарифметическое отклонение точек измеряемого профиля от средней линии), развитостью поверхности (числом пиков на единицу длины поверхности) и формой пиков. Среди существующих методов текстурирования поверхности все имеют достаточно большое количество недостатков, в связи с этим поставленной **целью работы являлось** исследование технологии управления свойствами металлических поверхностей методом лазерного формирования микрогеометрии.

Исследователи в области лазерных технологий часто затрагивают в своих работах данную тематику. Существует большое количество работ по лазерному структурированию неметаллических поверхностей. В настоящее время методами лазерного текстурирования получены поверхности металлов с улучшенными трибологическими свойствами [1]. Также ведутся разработки по созданию супергидрофобных поверхностей ультракороткими импульсами [2]. При этом интерес вызывает возможность создания супергидрофобной, а также других функциональных поверхностей с применением волоконных лазеров, которые обладают большим КПД и являются более простыми с точки зрения эксплуатации.

В работе показана возможность управления гидрофизическими свойствами поверхности методом лазерного текстурирования для нержавеющей стали.



а б в

Рис. 14. Фотографии с нанесением контактного угла капель, полученных на поверхности образца с коэффициентом перекрытия: 0 (а); 0,3 (б); 0,6 (в)

В ходе работы был подобран наиболее оптимальный режим структурирования гидрофобной поверхности (рис. 1). Приведена топология полученного рельефа (рис. 2).

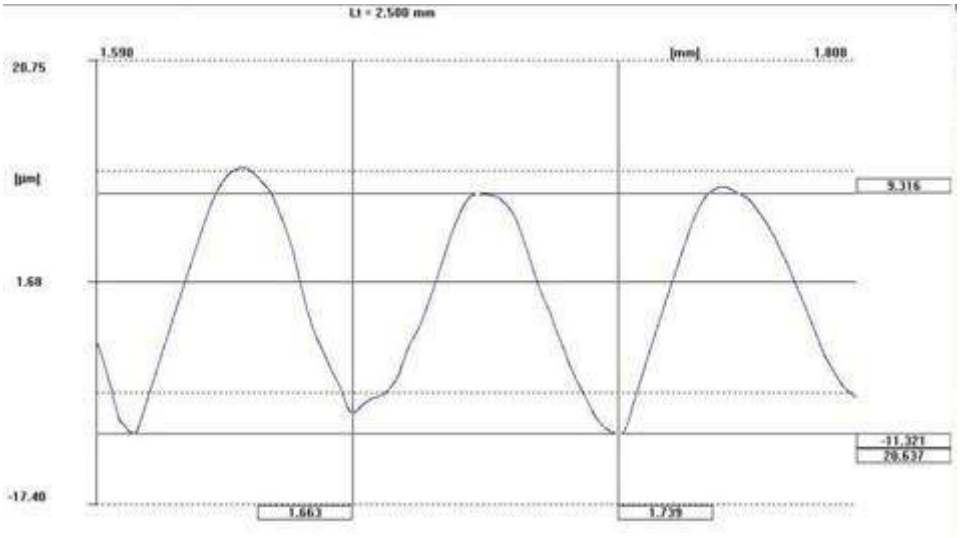


Рис. 2. Профиль наиболее гидрофобной поверхности, полученной при *V*=100 мм/с, *f*=20 кГц, *P*=20 Вт

Также описана возможность применения лазерного текстурирования для обработки прокатных валков с экономической точки зрения. Прокатные валы служат для получения автолиста после холодной прокатки стали. Для автомобильной промышленности большую роль играет управление адгезионными свойствами поверхности эксплуатационной стали после холодного металлопроката. Сложность обработки вала заключается в необходимости нанесения микроструктур, имеющих высокую износостойкость и качественный рельеф.

Величина и характер износа рабочих валков зависит от многих факторов, основные из которых следующие: силовые, температурные и скоростные условия прокатки, свойства и количество прокатываемого металла, твердость и диаметр валков.

Литература

1. Medres B., Bamberger M., Shepeleva L., Mathematical Modeling for Laser Treatment Processes // Third International Conference on Mathematical Modeling and Computer Simulation of Material Technologies MMT-2004. – Arial, Israel. – 2004. – P. 2456–2464.

2. Del Cerro D. Arnaldo, Römer G.R.B.E., Huis in't Veld A.J. Erosion resistant anti-ice surfaces generated by ultra short laser pulses // Physics Procedia. – 2010. – V. 5. – P. 231–235.

Перетягин Владимир Сергеевич
Год рождения: 1989
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра оптико-электронных приборов и систем, группа 6311
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
e-mail: peretyagin@mail.ru

УДК 535.6, 628.93

РАЗРАБОТКА ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ ВИДИМОГО ДИАПАЗОНА ДЛЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ЦВЕТОВОГО АНАЛИЗА ОБЪЕКТОВ

В.С. Перетягин
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Н. Чертов

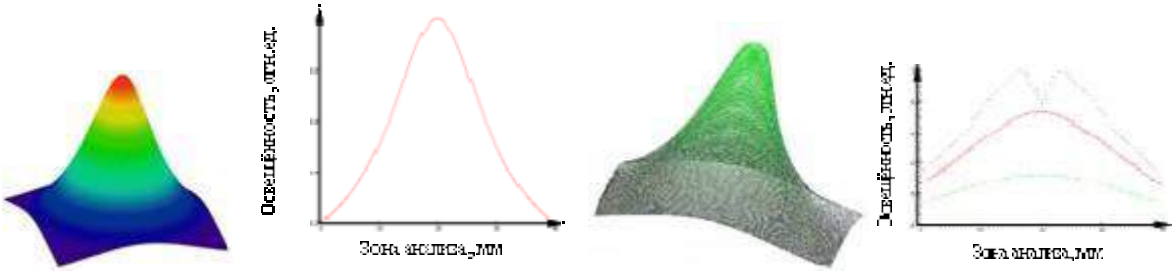
В настоящее время существует большое количество приборов и систем, созданных для осуществления цветового анализа и с той или иной степенью эффективности применяемых на практике. Такие приборы применяются, например, в пищевой промышленности при сортировке продуктов по цвету, в текстильной промышленности при контроле качества окраски тканей и др. Одним из основных этапов разработки таких приборов или систем, является этап создания специального освещения для правильного обследования или распознавания исследуемых объектов. Однако решению данного вопроса до сих пор не уделялось достаточно внимания [1].

На сегодняшний день существует несколько типов источников излучения, которые можно использовать для решения задач цветового анализа. Однако в большинстве из указанных областей цветовой контроль до сих пор не автоматизирован. Одной из ключевых причин сложившейся ситуации является недостаточная изученность, как процессов анализа цветовой картины, так и особенностей ее формирования. Таким образом, актуальным является разработка источника излучения видимого диапазона для использования в цветовых оптико-электронных системах контроля объектов. В настоящей работе приведены диаграммы пространственного распределения освещенности и цветовые картины источника оптического излучения в зоне анализа, разработан и исследован физический макет источника излучения, обеспечивающего равномерную засветку зоны анализа. Конкретными задачами для достижения цели являлись:

- математическое моделирование источника излучения;
- разработка электрической схемы питания и управления источником излучения;
- разработка конструкции источника излучения;
- физическая реализация и исследование макета источника излучения видимого диапазона.

Первым шагом для решения поставленных задач являлось моделирование пространственного распределения освещенности зоны анализа от источника излучения видимого диапазона. Существуют различные способы описания разнообразных

пространственных распределений освещенности светодиода, например, описание с помощью функции Гаусса или косинуса. Была разработана функция, описывающая классический случай, когда распределение освещенности в зоне анализа имеет форму «колокола» (рис. 1, а, б). За основу данной функции была взята модель ламбертовского источника излучения. Однако помимо классического случая, существует такая форма пространственного распределения, когда в центре излучения образуется энергетический провал. Чтобы учесть данный факт была предложена косинусная модель описания пространственного распределения освещенности (рис. 1, в, г).

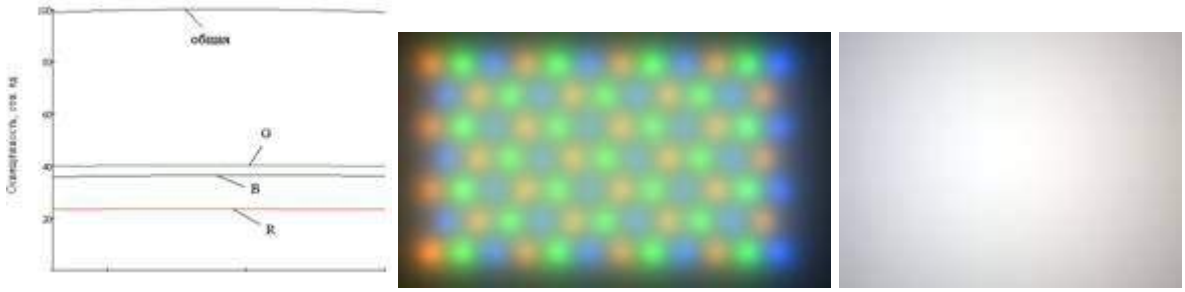


а б в г

Рис. 1. Диаграммы пространственного распределения освещенности зоны анализа

Для создания равномерной засветки зоны анализа (величина энергетических «провалов» по поверхности зоны анализа не должна превышает 2–3%) в данной работе рассматривались два примера расположения светодиодных источников красного, зеленого и синего света по поверхности излучающей площадки многоэлементного цветного источника излучения. При этом расстояние источника излучения до зоны анализа составляло 100 мм, излучающая площадка источника излучения, содержащая 81 источник красного, зеленого и синего света и имеющая сотовую структуру, или содержащая 63 источника красного, зеленого и синего света и имеющая регулярную структуру, составляла 7×5 см^2, расстояние между соседними источниками составляло 5 мм.

Были получены модели пространственного распределения освещенности и цветовых картин источника с сотовой структурой, построенные в среде MathCad и MATLAB.



а б в

Рис. 2. Модели освещенности источника света сотовой структурой: диаграмма пространственного распределения освещенности зоны анализа (а); сечение освещения зоны анализа (б); цветная картина зоны анализа от источника излучения (в)

При добавлении поправочных коэффициентов (рис. 2, а) пространственное распределение освещенности зоны анализа имеет равномерный характер, величина энергетических «провалов» по поверхности зоны анализа не превышает 2–3%. Также (рис. 2, в) видно, что при смешивании цветов излучателей с правильно рассчитанной энергетикой вся область зоны анализа имеет белый цвет.

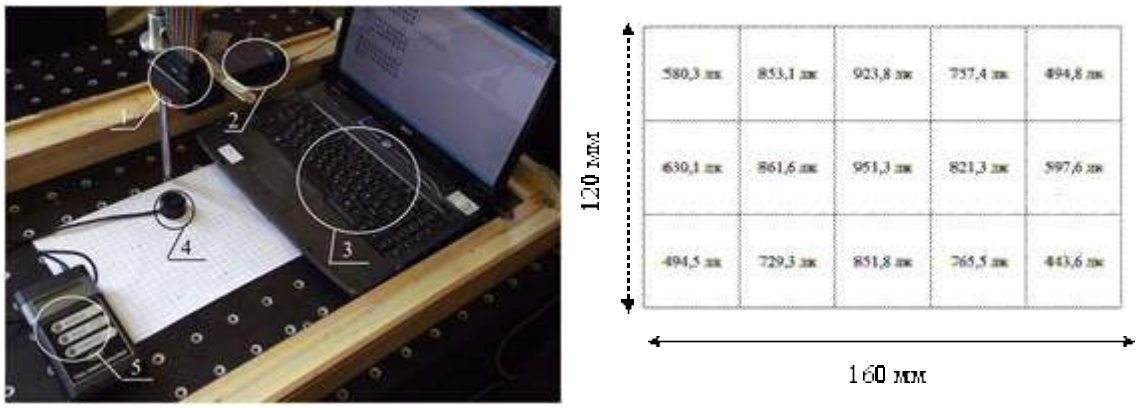
Для цветовых составляющих освещенности зоны анализа $R(x, y)$, $G(x, y)$ и $B(x, y)$ от многоэлементного источника излучения видимого диапазона были написаны уравнения, учитывающие поправочные коэффициенты:

$$\begin{cases} R(x,y) = (r(x,y) + a_1 g(x,y)) \cdot R \\ G(x,y) = (g(x,y) + a_2 r(x,y) + a_3 b(x,y)) \cdot G, \\ B(x,y) = (b(x,y) + a_4 g(x,y)) \cdot B \end{cases}$$

где $r(x,y) = \sum_i E_{Ri}(x,y)$ – суммарное распределение освещенности от всех источников света красного цвета; $g(x,y) = \sum_i E_{Gi}(x,y)$ – суммарное распределение освещенности от всех источников света зеленого цвета; $b(x,y) = \sum_i E_{Bi}(x,y)$ – суммарное распределение освещенности от всех источников света синего цвета; a_1, a_2, a_3 и a_4 – коэффициенты влияния переналожения спектров светодиодных источников света красного, зеленого и синего цвета на цветовые составляющие $R(x, y)$, $G(x, y)$, $B(x, y)$; R, G и B – координаты цвета (поправочные коэффициенты), рассчитанные с использованием гостированных колориметрических соотношений [2].

Был разработан и собран физический макет светодиодного источника излучения видимого диапазона. Особенностью предложенного конструкторского решения является то, что многокомпонентный цветной источник излучения образован множеством светодиодных источников различных цветов для получения света смешанного цвета. Вход светодиодных источников соединен с выходом устройства управления светодиодными источниками света. При этом светодиодные источники света разделены по группам питания в каждом канале цветности, а значение питающего тока для каждой группы отличается от значения питающего тока группы с минимальным током питания, рассчитанным по ходу работы коэффициентом. Цветовые составляющие освещенности зоны анализа, характеризующие свет смешанного цвета, создаваемый с помощью светодиодных источников от данного источника, рассчитаны с использованием гостированных колориметрических соотношений.

Собранный макет цветного источника излучения был подвержен ряду исследований для подтверждения проделанного моделирования. Например, для исследования степени равномерности освещения была собрана установка, представленная на рис. 3, а.



а б

Рис. 3. Исследование степени равномерности освещения зоны анализа: экспериментальная установка (а); результат эксперимента (б).
1 – светодиодный источник; 2 – блок управления; 3 – персональный компьютер; 4 – приемник оптического излучения; 5 – экран

В дальнейшем предполагается произвести более точное исследование источника излучения с соблюдением всех требований и норм. А также разработать и исследовать физический макет источника излучения видимого диапазона для более сложных структур.

Литература

1. Горбунова Е.В., Перетягин В.С., Чертов А.Н. Организация освещения рабочей зоны оптико-электронных систем цветового анализа промышленного назначения // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 3 (73). – С. 140.
2. Chertov A.N., Gorbunova E.V., Korotaev V.V., Peretyagin V.S. and Serikova M.G. Simulation of the multicomponent radiation source with the required irradiance and color distribution on the flat illuminated surface // Proc. SPIE. – 2012. – V. 8429. – P. 84290D; http://dx.doi.org/10.1117/12.922104.

Родыгина Ольга Александровна
Год рождения: 1989
Естественнонаучный факультет, кафедра высшей математики, группа 6742
Направление подготовки:
010400 Прикладная математика и информатика
e-mail: olgarodygina@gmail.com

УДК 517

ТЕЧЕНИЕ В НАНОТРУБКЕ И СОЛИТОН В ЕЕ СТЕНКЕ

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

Введение. Течения в нанотрубках очень специфичны и сильно отличаются от классических. Теория таких течений еще не разработана. Имеется ряд моделей, объясняющих некоторые свойства нанотечений [2]. В случае нанотрубок с упругими стенками (например, углеродных) наблюдаются упругие волны в стенках трубки [3], которые могут оказывать сильное влияние на характер течения в нанотрубке. Течение в нанотрубке зависит от многих характеристик: химический состав, структура, морфология стенки и т.д. Следует подчеркнуть, что граничные условия, структура стены и профиль играют решающую роль. А именно, необходимо принимать во внимание колебания и волны в молекулярных цепочках, из которых состоят нанотрубки. Эти колебания вызывают поток внутри нанотрубки. Есть экспериментальные доказательства таких колебаний стенки. Наибольший интерес представляет уединенная волна в стенке и соответствующий ей поток. В настоящей работе предложена явно решаемая модель течения в нанотрубке, вызванного солитоном в ее стенке.

Трехмерное течение (точечное возмущение границы). Рассмотрено трехмерное течение Стокса в цилиндрической углеродной нанотрубке. Солитон в стенке нанотрубки имеет осевую симметрию. Таким образом, он вызывает осесимметричное течение Стокса, для которого может быть введена функция тока Ψ, которая связана с компонентами скорости следующим образом:

$$q_r = -\frac{1}{r}\frac{\partial \Psi}{\partial Q}, \quad q_Q = \frac{\partial \Psi}{\partial r}.$$

Функция тока удовлетворяет уравнению

$$D^2\Psi = 0,$$

где $D\Psi = \frac{\partial^2 \Psi}{\partial r^2} - \frac{1}{r}\frac{\partial \Psi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2}$ – оператор Стокса.

Решение имеет вид:

$$\Psi(r,z) = r\frac{c}{2} + a\sum_n (rJ_1(\alpha_n r) + rJ_1(\alpha_n r)\frac{2}{\pi\alpha_n}\int_0^r -r^2 J_1(\alpha_n r)Y_1(\alpha_n r)dr)\exp(-\alpha_n |z|) +$$

$$+b\int_{-\infty}^{\infty}\sum_n (rJ_1(\alpha_n r) + rJ_1(\alpha_n r)\frac{2}{\pi\alpha_n}\int_0^r -r^2 J_1(\alpha_n r)Y_1(\alpha_n r)dr)\exp(-\alpha_n |z|)d\xi(v - \frac{c}{2}),$$

где a, b – некие константы; c, v – параметры потока; c – поток через поперечное сечение канала; v – скорость ротлета (в нашем случае это скорость стенки).

Картина течения различна для различных значений параметров течения. В частности, при $a = 10^6, b = 10^1$, $c = 10^5, v = 10^2$ течение разбивается на три области (вихрь занимает все сечение канала). Для значений параметров течения $a = 10^5, b = 8^3, c = 10^{-2}, v = 10^2$ вихрь разрывается потоком в центре канала.

Трехмерное течение (локальное возмущение границы). В данном разделе будет рассмотрена модель, где течение в цилиндрической нанотрубке вызвано локальным возмущением ее границы.

Солитон (локальное возмущение), бегущий по стенке трубки, геометрически выглядит как сужение или расширение стенок трубки, т.е. будет меняться радиус трубки.

В нашей модели зависимость радиуса от координаты задана следующим образом:

$$r = R + h(z),$$

где $h(z) = \frac{a}{ch(bz)}$ – профиль солитона; R – радиус трубки без возмущения; a, b – некоторые константы.

Для течения вызванного, таким возмущением, может быть введена функция тока $\psi(r,z)$, которая связана с компонентами скорости следующим образом:

$$v_r = -\frac{1}{r}\frac{\partial \psi}{\partial z}, \quad v_z = \frac{1}{r}\frac{\partial \psi}{\partial r}. \qquad (1)$$

Тогда уравнение неразрывности удовлетворяется тождественно и уравнения Стокса сводятся к уравнению:

$$D^2\psi = 0, \qquad (2)$$

где $D = \frac{\partial^2}{\partial r^2} - \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ – оператор Стокса.

Решение должно удовлетворять следующим граничным условиям:

$$r = R: \quad v_z = 0, \quad v_r = \frac{\partial h}{\partial t} \equiv -V\frac{\partial h}{\partial z}, \tag{3}$$

$$r = 0: \quad v_r, v_z \text{ – ограничены.} \tag{4}$$

Используя (1), приведем (3), (4) к виду:

$$r = R: \quad \frac{\partial \psi}{\partial r} = 0, \quad \psi = RVh. \tag{5}$$

$$r = 0: \quad \frac{1}{r}\frac{\partial \psi}{\partial z}, \quad \frac{1}{r}\frac{\partial \psi}{\partial r} \text{ – ограничены.} \tag{6}$$

Тогда решение уравнения (2) с граничными условиями (5), (6) может быть представлено в виде:

$$\psi(z,r) = \int_{-\infty}^{\infty} G(z-z',r)h\left(z'-Vt\right)dz', \tag{7}$$

где

$$G(z,r) = \frac{V}{\pi}\int_0^{\infty} G_k(r)\cos(kz)dk, \tag{8}$$

где $G_k(r) = \dfrac{M(r,k)}{N(k)}$; $N(k) = \left[I_1(kR)K_0(kR) - I_0(kR)K_1(kR)\right]U_2(k,R)$;

$$M(r,k) = \left[U_1(R,k)I_0(kR) + U_2(R,k)K_0(kR)\right]rI_1(kr) - \\ -I_0(kR)\left[U_1(r,k)rI_1(kr) + U_2(R,k)rK_1(kr)\right];$$

$$U_1(r,k) = -\frac{1}{k}\int_0^r \frac{I_1(kr')K_1(kr')dr'}{I_1(kr')K_0(kr') - K_1(kr')I_0(kr')};$$

$$U_2(r,k) = \frac{1}{k}\int_0^r \frac{I_1^2(kr')dr'}{I_1(kr')K_0(kr') - K_1(kr')I_0(kr')}; \quad I_\nu(x), K_\nu(x) \text{ – модифицированная}$$

функция Бесселя и функция Макдональда порядка $\nu = 0,1$.

Для различных параметров профиля солитона были получены различные картины течения. В частности, для $a = 10^3, b = 10^{-2}$ вихрь занимает все сечение канала. А для значений $a = 10^3, b = 1$ вихрь разрывается продольным потоком в центре канала.

Заключение. Были построены две модели течения, вызванного солитонным возмущением границы нанотрубки (нанослоя). В первом случае локальное возмущение границы заменялось точечным, во втором случае рассматривалось малое локальное возмущение границы.

Сравнение двух моделей показало соответствие полученных результатов.

Литература

1. Happel J., Brenner H. Low Reynolds Number Hydrodynamics. – Prentice Hill, Englewood Cliffs, NJ. – 1965.
2. Маслов В.П. // ТМФ. – 2007. – Т. 153. – № 3. – С. 1677–1796.
3. Insepov Z., Wolf D., Hassanein A. // Nano Letters. – 2006. – V. 6. – № 9. – P. 1893–1895.
4. Давыдов А.С. Солитоны в молекулярных системах. – Киев: Наукова Думка, 1988. – 303 с.
5. Popov I.Yu. Operator extensions theory and eddies in creeping flow // Physica Scripta. – 1993. – V. 47. – P. 682–686.

6. Gugel Yu.V., Popov I.Yu., Popova S.L. Hydrotron: creep and slip // Fluid Dyn. Res. – 1996. – V. 18 (40). – P. 199–210.
7. Popov I.Yu. Stokeslet and the operator extension theory // Revista Matematica Univ. Compl. Madrid. – 1996. – V. 9. – № 1. – P. 235–258.

Синев Дмитрий Андреевич
Год рождения: 1991
Инженерно-физический факультет, кафедра лазерных технологий и экологического приборостроения, группа 6248
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
e-mail: sinev_dm@mail.ru

УДК 353

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО ЛОКАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК

Д.А. Синев
Научный руководитель – д.т.н., профессор Е.А. Шахно

Введение. Воздействие лазерного излучения является основой для ряда методов получения микроструктур на тонких пленках. Особенностью лазерной термохимической технологии является тот факт, что пленка локально в пределах облученной зоны в процессе окисления материала приобретает иные физико-химические свойства, и это позволяет выявить структуру нанесенного изображения путем жидкостного химического травления. Одной из основных областей применения этой технологии с использованием пленок хрома является прецизионное изготовление дифракционных оптических элементов (ДОЭ) [1]. В то же время, при облучении некоторых металлов, например, титана, могут образовываться оксиды с высоким коэффициентом пропускания в видимом диапазоне, что может привести к проявлению сложных обратных связей процесса протекания окисления и изменения теплофизических и оптических характеристик материала пленки. В связи со всплеском интереса в последнее время к формированию структур микро- и нанометровых размеров, представляется необходимым сфокусировать внимание на развитии исследований в данной области в соответствии с современными инновационными тенденциями.

Содержание работы. Для достижения цели настоящего исследования, а именно изучения особенностей локального окисления металлических пленок под действием лазерного излучения, были поставлены и решены основные задачи:

1. теоретическое исследование локального лазерного окисления пленок хрома сканирующим пучком непрерывного лазерного излучения с учетом возможностей многопроходового и многолучевого воздействий;
2. экспериментальное исследование лазерного окисления пленок титана, являющегося перспективным, но недостаточно изученным в настоящее время материалом.

Для описания процесса лазерного окисления пленки было необходимо определить температурное распределение на поверхности пленки, возникающее во время лазерного воздействия и индуцирующее процессы окисления. При этом особое рассмотрение требовалось процедуре многолучевой обработки, принципиальная особенность которой состоит в формировании общего температурного поля за счет суперпозиции

температурных полей одновременно от нескольких сканирующих непрерывных лазерных источников. Критерием различения нанесенных полос было, в этом случае, создание достаточной для селективного травления разницы толщин окислов между центрами облученных зон и серединой расстояния между ними.

Анализ задачи был проведен с использованием модели, разработанной для окисления пленки одиночным сканирующим пучком с гауссовым распределением интенсивности в пучке [2], что позволило получить данные для температурного распределения на поверхности пленки и толщины возникающего оксидного слоя. К примеру, на рис. 1 представлены суперпозиция температурных полей и соответствующее распределение толщины слоя окисла от одного и от двух различных тепловых источников. Разница в толщинах оксидов, продуцируемых в центре источниками нагрева и посредине между ними, составляет при данных условиях обработки приблизительно 1,5 нм, что, судя по экспериментальным результатам, полученным группой Полещука [1], может считаться достаточным для осуществления селективного травления, из чего был сделан вывод об успешности применения одновременного двухпучкового облучения образца для исследуемой методики. Проведенная экстраполяция расчета до случая воздействия пятью пучками позволила выявить, что раздельная регистрация отдельных треков представляется возможной, однако надежная запись структуры ДОЭ при одном проходе будет тем более проблематичной, чем больше лазерных лучей будет задействовано в одновременном совместном сканировании.

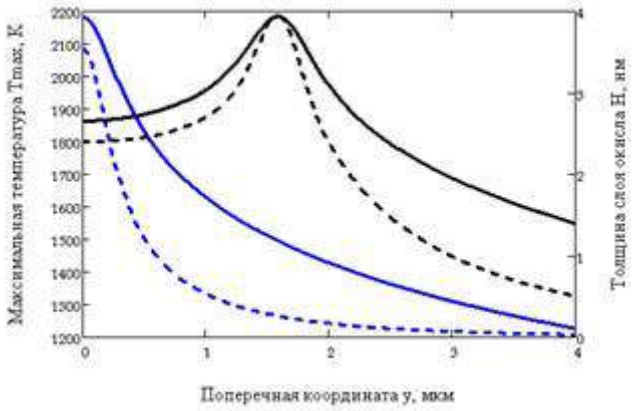
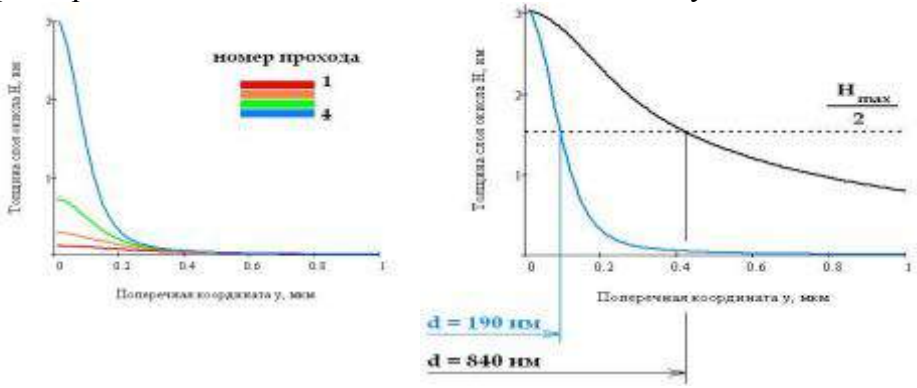


Рис. 1. Температурное поле пленки (сплошная) и пространственное распределение толщины слоя окисла (пунктир) при сканировании ее поверхности одним источником излучения мощностью 5,7 мВт (синий цвет), а также при совместном сканировании двумя источниками суммарной мощностью 7,5 мВт (черный цвет), расположенными на расстоянии 3,2 мкм друг от друга (координата $y = 0$ соответствует середине расстояния между источниками)

Изменение оптических и теплофизических характеристик металлов в результате термической активации поверхностного окисления существенным образом влияет на кинетику их лазерного нагрева на воздухе. Исследование общих закономерностей сложного процесса при рассмотрении влияния нелинейного роста поглощательной способности на протекание процесса окисления позволило получить результаты, наглядно демонстрирующие доказательства в пользу роста толщины слоя окисла с каждым последующим сканированием (рис. 2, а). Принципиальным для доказательства утверждения, что многопроходовый режим облучения более перспективен и обладает способностью к повышению надежности записи, чем однопроходовый, является сравнение требуемых режимов для получения одинаковых результатов. В таком случае, в соответствии с рис. 2, б, для получения оксида такой же толщины в центре облучаемой зоны, как при четырех последовательных проходах, при однократном

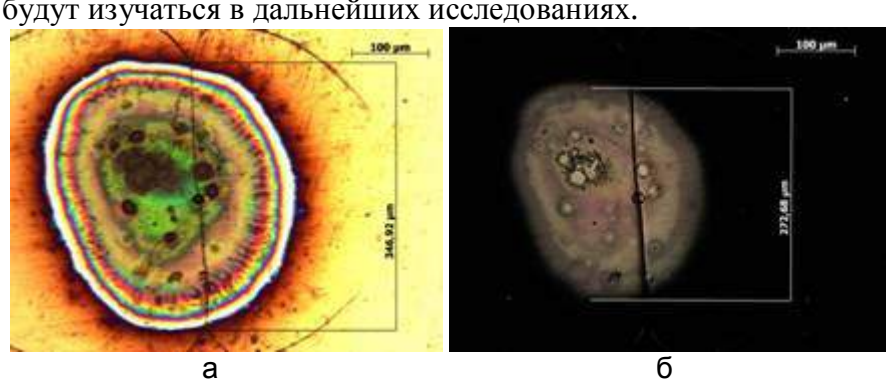
облучении лазерным пучком потребовалось бы значительно уменьшить скорость сканирования, что привело бы к повышению уровня тепловой диффузии. Вследствие этого, как было показано, при данных условиях обработки режим многопроходной обработки не только позволяет увеличить производительность в 1,5–2 раза, но и качественно повышает технологическую разрешающую способность, в 4,4 раза уменьшая размер элемента, минимально возможного для получения.



а б

Рис. 2. Поперечные распределения толщины окисленного слоя, возникающего при различном количестве проходов сканирующего лазерного луча (а) и сравнение толщин оксида при обработке сканирующими непрерывными лазерными лучами мощностью P = 3,7 Вт при четырех проходах со скоростью сканирования $V_{ск}$ = 0,5 м/с (синий график) и при одном проходе со скоростью сканирования $V_{ск}$ = 0,069 м/с (черный график) (б)

В ходе работы производилась серия экспериментов по локальной обработке пленок титана толщиной 60 нм действием импульсного лазерного излучения ближнего ИК-диапазона. Приведенные микрофотографии облученных образцов (рис. 3) наглядно иллюстрируют гипотезу об образовании прозрачного диоксида титана, что подтверждается проведенными спектрофотометрическими исследованиями. Возникновение прозрачных оксидных слоев может вызвать, как предполагается, эффекты наподобие самоограничения процесса окисления вследствие проявления отрицательной обратной связи между поглощательной способностью и нагревом материала. Эти особенности, а также возможность их приложения к записи со сверхвысоким разрешением, являются перспективным направлением разработки и, как ожидается, будут изучаться в дальнейших исследованиях.



а б

Рис. 3. Микрофотографии областей титана, обработанных излучением иттербиевого волоконного лазера, в отраженном (а) и проходящем (б) свете. Режим обработки: λ = 1,064 нм; q = 11,2 МВт/м^2; t = 10 с; f = 50 кГц; τ = ~100 нс; $d = 2r_0$ = 0,5 мм

Заключение. Проведенные в настоящей работе исследования показали, что:

1. многопроходовый режим окисления металлической пленки может качественно улучшить технологию лазерного формирования тонкопленочных элементов с

повышением производительности установки в 1,5–2 раза, и сокращением минимально возможного для получения размера элемента в 4,4 раза;
2. несмотря на перекрытие тепловых полей при многолучевом воздействии, при таком режиме обработки вполне возможно формирование устойчивого к травлению слоя оксида с достаточной разрешающей способностью;
3. комплекс возникающих при обработке пленок титана обратных связей вызывает интерес в связи с теоретически предсказанными возможностями получения записи информации со сверхвысоким разрешением и формирования элементов тонкопленочной топологии в нанометровом диапазоне, и предполагаемые направления будущих разработок связаны именно с этими перспективами.

Литература

1. Вейко В.П., Корольков В.И., Полещук А.Г., Саметов А.Р., Шахно Е.А., Ярчук М.В. // Квантовая электроника. – 2011. – V. 41. – № 7. – P. 631–636.
2. Veiko V.P., Shakhno E.A., Poleshchuk A.G., Korolkov V.P., Matyzhonok V.N. Local laser oxidation of thin metal films: ultra-resolution in theory and in practice // Journal of Laser Micro/Nanoengineering. – 2008. – V. 3. – № 3. – P. 201–205.

Скорынина Анастасия Наилевна
Год рождения: 1989
Естественнонаучный факультет, кафедра высшей математики, группа 6742
Направление подготовки:
010400 Прикладная математика и информатика
e-mail: a.skorynina@gmail.com

УДК 517.938

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КВАНТОВОГО ГРАФА, СОСТОЯЩЕГО ИЗ ТРЕХ СИММЕТРИЧНО СОЕДИНЕННЫХ ПОЛОС

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

ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (госконтракты P689 NK-526P, 14.740.11.0879 и 16.740.11.0030), грант Российского фонда фундаментальных исследований 11-08-00267 и ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» (госконтракт № 07.514.11.4146).

Изучение сложных наноструктур осуществляется с помощью математической теории дифференциальных операторов на графах – быстро развивающейся области современной математической физики, чья значимость объясняется возможными применениями в физике твердого тела и наноэлектронике в целом, потому как различные наноструктуры (например, углеродные наноструктуры, графен) успешно моделируются квантовыми графами [1, 2].

Естественная задача, возникающая при изучении квантовых графов, − это нахождение спектра оператора, так как физическая интерпретация этого есть величина

энергии электрона в структуре. Наличие связанных состояний электронов определяет проводимость в наноструктурах, а потому задача определения этих состояний очень важна. Сами по себе бесконечные структуры, описываемые квантовыми графами с бесконечным числом ребер и вершин, не допускают наличия связанных состояний электронов. Влияние геометрического дефекта (например, ветвления) на наличие связанных состояний электронов – богатая область для исследований. На данный момент этот вопрос рассматривался эпизодически, но даже поверхностный взгляд показывает, что в такой ситуации квантовый граф может иметь специфические свойства [3, 4], а именно, у гамильтониана квантового графа, имеющего некоторый геометрический дефект, нарушающий его структуру, теоретически возможно возникновение связанных состояний электронов.

Квантовые графы с гексагональной решеткой – частный случай квантовых графов, они позволяют исследовать графен и другие углеродные наноструктуры.

В данной работе рассмотрен квантовый граф, состоящий из трех полубесконечных симметрично соединенных полос, изображенный на рис. 1. Как видно, квантовый граф имеет ветвления (дефект), а потому данная модель теоретически допускает существование связанных состояний электронов.

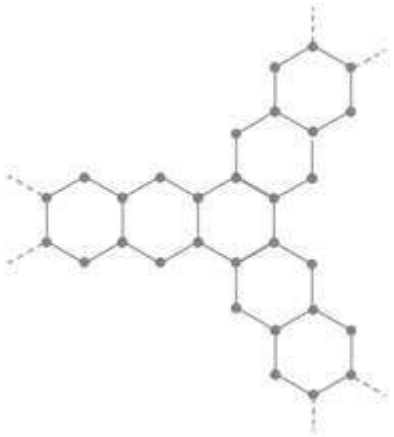


Рис. 1. Квантовый граф, состоящий из трех симметрично соединенных полос

На каждом ребре графа определен оператор Шредингера, который описывает движение квантовых частиц вдоль графа. В вершинах графа Γ заданы условия δ-типа:

$$\begin{cases} f(x) \text{ непрерывна на } \Gamma, \\ \text{в каждой вершине } v \ \sum\limits_{e \in E_v} \dfrac{df}{dx_e}(v) = \alpha_v f(v). \end{cases}$$

Целью работы являлось изучение математической модели квантового графа определенного вида, а именно выполнение спектрального анализа представленной модели. Требуется найти необходимые и достаточные условия существования точечного спектра и проверить условия их выполнения.

Метод решения поставленной задачи базируется на теории самосопряженных расширений симметрических операторов. Для решения задачи применен метод, основанный на использовании матриц монодромии [5], который позволяет существенно упростить процесс решения по сравнению с классическими методами, кроме того, используемый метод универсален при рассмотрении различных моделей. Спектр оператора Шредингера вычисляется через собственные значения матрицы монодромии.

В работе получено аналитическое представление допустимой области для волнового числа. На рис. 2 представлена допустимая область при фиксированных значениях α и длине ребра T .

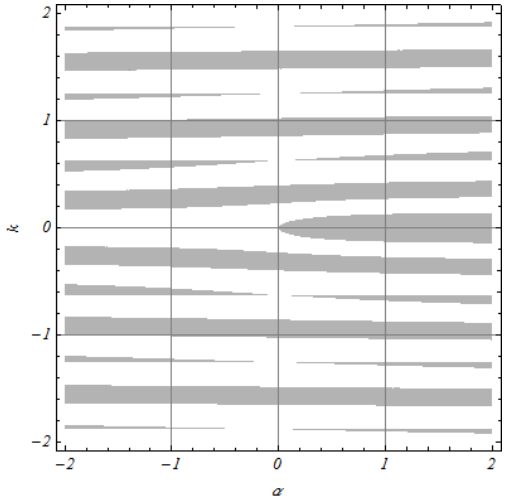


Рис. 2. Допустимая область (обозначена серым цветом) для волнового числа k в зависимости от α

Аналитически получено достаточное условие существования точечного спектра оператора Шредингера, задающее ограничения на параметры модели (T – длина ребра):

$$\begin{cases} \alpha T > 2\sqrt{2\sqrt{3}-3}\cdot arctg\sqrt{2\sqrt{3}-3} \approx \sqrt{3}, \\ k > 0,\ k \in R, \\ \alpha > 0. \end{cases}$$

В работе проведен спектральный анализ квантового графа, состоящего из трех симметрично соединенных полос. Доказано существование точечного спектра соответствующего оператора при определенных параметрах системы, указаны соотношения, определяющие собственные значения, и условия их существования. Существование связанных состояний электронов представляет собой практическую ценность, а рассмотренная модель может быть применена для описания нано- и микроэлектронных систем, исследования полупроводниковых приборов с различными переходами.

Литература

1. Kuchment P. Graph models for waves in thin structures // Wave in random media. – 2002. – V. 12. – № 4. – P. R1–R24.
2. Brey L. Electronic States of Graphene Nanoribbons // Fertig Phys. Rev. B. – 2006. – V. 73. – P. 2300-5.
3. Rofe-Beketov F.S. A test for the finiteness of the number of discrete levels introduced into the gaps of a continuous spectrum by perturbations of a periodic potential // Soviet Math. Dokl. – 1964. − № 5. – P. 689–692.
4. Kuchment P. On the structure of eigenfunctions corresponding to embedded eigenvalues of locally perturbed periodic graphs operators // Commun. Math. Phys. – 2006. – V. 268. – P. 673–686.
5. Скорынина А.Н. Точечный спектр оператора Шредингера для двух соединенных полукристаллов с потенциалами Кронига-Пенни // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2010. – № 6 (70). – С. 41–47.

Соколов Юрий Александрович
Год рождения: 1986
Факультет оптико-информационных систем и технологий, кафедра компьютеризации и проектирования оптических приборов, группа 6321
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
e-mail: sokolov-juri@yandex.ru

УДК 531.7.082.5:535.42/44

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФРАКЦИОННОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ УГЛОВЫХ И ЛИНЕЙНЫХ ВЕЛИЧИН

Ю.А. Соколов
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.Н. Назаров

В работе был исследован новый метод дифракционного контроля (ДМК) малых угловых и линейных величин на основе схемы дифракционного интерферометра (ДИ). В отличие от схем интерферометров с делением пучка излучения в ДИ оба интерферирующих волновых фронта формируются дифракционными элементами – щелевыми апертурами или нитями. Такой подход упрощает конструкцию интерферометра и его юстировку (не требуются призмы или зеркала), уменьшает его габариты и цену.

Общий вид исследуемой схемы ДМК представлен на рис. 1. Здесь около линзы установлены два объекта в виде щелевых апертур или нитей, на которые под наклоном падает пучок излучения от лазерного источника.

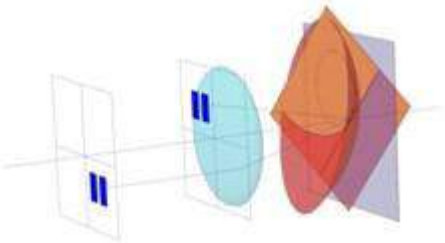


Рис. 1. Общий вид исследуемой схемы дифракционного интерферометра

На рис. 2 показано, как меняется форма поверхности, на которой формируется Фурье-образ апертуры при продольном и поперечном смещениях щели относительно линзы [1].

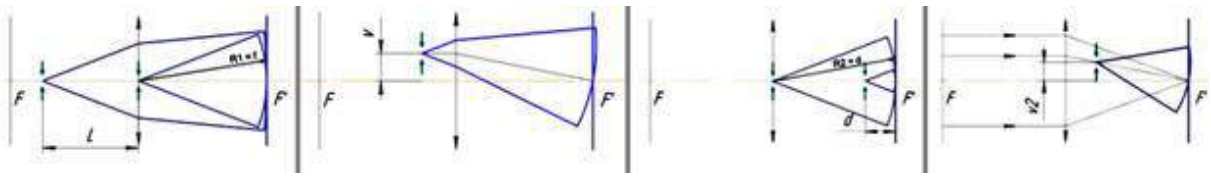


Рис. 2. Влияние положения апертуры около линзы на поверхность локализации ее Фурье-спектра

Как видно из рис. 1, 2, если около объектива расположено две щели, то в его фокальной плоскости наблюдается картина интерференции двух сферических волн, радиус и наклон которых зависит от положения щелей относительно объектива. Это открывает возможность контроля положения одной из апертур относительно линзы по различным параметрам интерференционной картины.

Помимо этого при наклонном падении излучения на схему между щелевыми апертурами возникнет разность фаз Δ, которая определяется неравенством оптических путей L и L' (рис. 3). Возникновение дополнительной разности фаз между интерферирующими фронтами приведет к изменению интенсивности интерференционных полос и их смещению на приемнике. Данный эффект открывает возможности контроля угла падения излучения и смещения апертур (как продольного, так и поперечного).

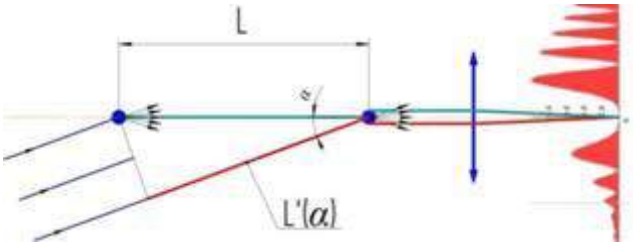
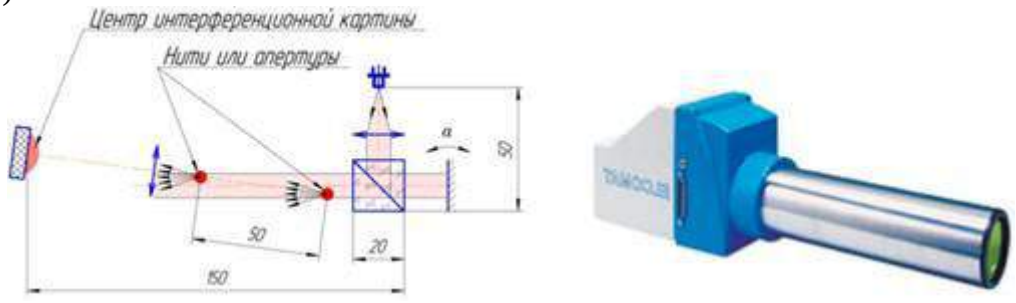


Рис. 3. Влияние наклонного падения излучения на интерференционную картину

С помощью математического аппарата теории преобразования сигналов в оптике и метода решения задач дифракции на основе принципа Гюйгенса-Френеля были выведены математические выражения, описывающие двумерные распределения интенсивности в фокальной плоскости линзы для схем ДМК с расположением апертур перед линзой и с двух сторон от нее.

Для схемы двух щелей перед линзой был проведен расчет ее чувствительности к изменению угла падения излучения при различных параметрах схемы: расстояниях между апертурами и начальным углом падения излучения. Также были оценены чувствительности схемы к продольным и поперечным смещениям одной из апертур при различных углах падения излучения. Максимальные чувствительности схемы к угловым и линейным перемещениям составляют <0,01" и <6,5 нм. В ходе исследования также были рассчитаны необходимые конструктивные параметры ДИ: необходимый диаметр пучка источника излучения и его пространственная когерентность.

Результаты расчетов показали возможность создания дифракционного автоколлиматора, отличающегося большей чувствительностью и меньшими габаритами по сравнению с существующими фотоэлектрическими автоколлиматорами. На рис. 4 представлена возможная схема такого автоколлиматора с чувствительностью 0,05". Для сравнения на том же рис. 4 приведена фотография фотоэлектрического автоколлиматора Elcomat 3000 (чувствительность 0,1"; фокусное расстояние объектива 300 мм).



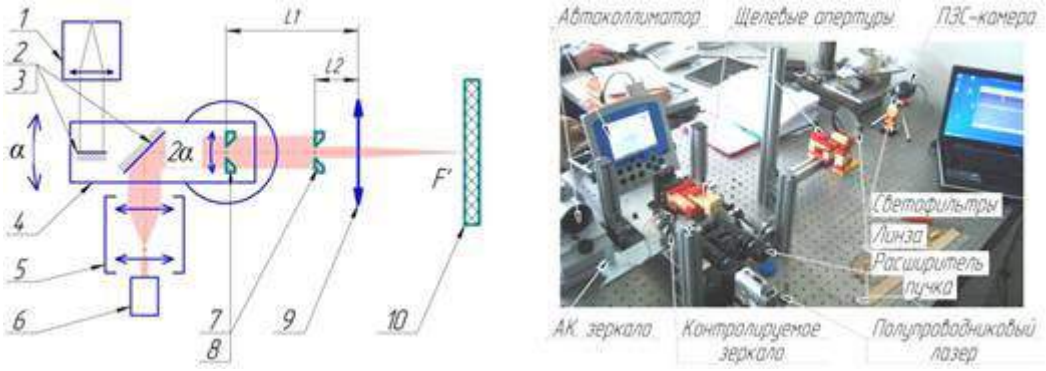
а б

Рис. 4. Схема автоколлиматора (а); фотография фотоэлектрического автоколлиматора Elcomat 3000 (б)

Основным недостатком такого дифракционного автоколлиматора на данном этапе исследований является меньший диапазон абсолютных измерений. Он ограничен периодом синусоидального колебания интенсивности в центре интерференционной картины и в 400 раз больше, чем чувствительность измерений. Так, при

чувствительности в 0,1" диапазон абсолютных измерений составляет ±40". Для сравнения: диапазон измерений у фотоэлектрического автоколлиматора Elcomat 3000 составляет ±2000".

Для проверки правильности математических моделей на базе лабораторий Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, кафедры компьютеризации и проектирования оптических приборов [2] и Технического университета (ТУ) Ильменау (Германия) были собраны лабораторные установки и проведены экспериментальные исследования. Принципиальная схема и фотография установки в ТУ Ильменау представлена на рис. 5.



а б

Рис. 5. Схема (а) и фотография установки в ТУ (б)
1 – автоколлиматор Elcomat 3000; 2, 3 – зеркала; 4 – поворотный столик с микрометрической подвижкой; 5 – телескопическая система; 6 – полупроводниковый лазер (λ = 0,65 мкм); 7, 8 – щелевые апертуры, разнесенные в плоскости, перпендикулярной рисунку; 9 – линза (*f* = 300 мм); 10 – ПЗС-матрица

В ходе экспериментов были получены несколько серий фотографий интерференционных картин при различных расстояниях между апертурами L и углах падения излучения α (рис. 6).

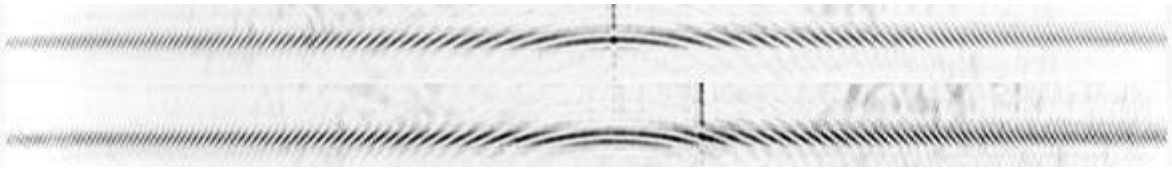


Рис. 6. Экспериментальные интерференционные картины (L_1 = 450,5 мм, L_2 = 38 мм, где L – расстояние от апертуры до объектива)

С помощью среды Mathcad из полученных фотографий были считаны данные об интенсивности и построены графики зависимости интенсивности в центре интерференционной картины от угла падения излучения (рис. 7).

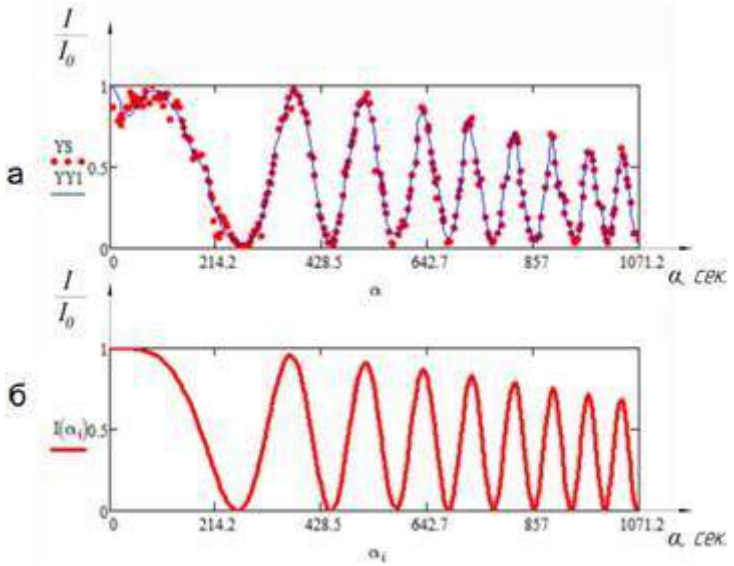


Рис. 7. Экспериментальный (а) и расчетный (б) графики интенсивности излучения в центре интерференционной картины (L_1 = 450,5 мм, L_2 = 38 мм)

Проведенные экспериментальные исследования подтвердили правильность полученных моделей и показали хорошее количественное соответствие с результатами расчетов.

Поскольку рассмотренная схема ДИ обладает рядом преимуществ: высокой чувствительностью, компактностью и простотой реализации, то представляет интерес ее дальнейшее исследование и использование при создании простых средств измерений угловых и линейных величин, работающих в широком диапазоне чувствительностей (от десятков секунд до 0,005"; ≥ 5 нм).

Литература

1. Гуревич С.Б., Константинов В.Б., Соколов В.К., Черных Д.Ф. Передача и обработка информации голографическими методами. – М.: Советское Радио, 1978. – 304 с.
2. Назаров В.Н., Соколов Ю.А. Дифракционный метод контроля угловых и линейных перемещений // Изв. вузов. Приборостроение. – 2012. – Т. 55. – № 4. – С. 78–82.

Сотникова Анна Андреевна
Год рождения: 1989
Естественнонаучный факультет, кафедра высшей математики, группа 6742
Направление подготовки:
010400 Прикладная математика и информатика
e-mail: oirt@yandex.ru

УДК 517

ПРОБЛЕМЫ СЕКРЕТНОСТИ КВАНТОВОГО КЛЮЧА ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ПО ОПТИЧЕСКОМУ ВОЛОКНУ

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

Введение. В протоколах квантовых коммуникаций (квантовая криптография, квантовая телепортация, плотное кодирование [1, 2]) по оптическому волокну (ОВ) передается квантовая информация, закодированная в состояниях фотонов – кубитах. В данной работе изучены особенности искажения квантовой информации, закодированной в поляризационных состояниях фотонов, при их распространении по ОВ в установке квантовой криптографии с учетом деполяризации квантовых состояний фотонов и поглощения фотонов. Рассмотрены оптимальные стратегии выбора отрезков ОВ для квантовых каналов Алисы (А) и Боба (Б), которые используются для распределения квантового ключа с помощью перепутанных поляризационных состояний бифотонов с учетом поглощения и деполяризации.

Ошибки при распределении ключа по ЭПР-каналу с учетом поглощения и деполяризации. Изучим закон распространения фотонов в квантовом канале в представлении Шредингера. Гамильтониан взаимодействия мод в одном из каналов

$$\hat{V} = \sum_{\mathbf{k},\,\mu,\mu'=H,V} \frac{1}{2}\left(\boldsymbol{\xi},\boldsymbol{\sigma}\right)_{\mu,\mu'} \cdot \hat{b}^{\dagger}_{\mathbf{k}\mu}\ \hat{b}_{\mathbf{k}\mu'}\ , \qquad (1)$$

где $\xi = \xi\mathbf{n}$ – вещественный вектор, характеризующий взаимодействие ортогонально поляризованных мод.

В качестве базисных состояний выберем три вектора $|0\rangle$, $|1\rangle$, $|2\rangle$

$$|1\rangle = |H\rangle = \hat{b}^{\dagger}_{\mathbf{k}\mu=H}|0\rangle,\ \ |2\rangle = |V\rangle = \hat{b}^{\dagger}_{\mathbf{k}\mu=V}|0\rangle\,. \qquad (2)$$

Изучаемая схема анализатора квантовых состояний фотона в установке распределения квантового ключа по протоколу BB84 представлена на рис. 1.

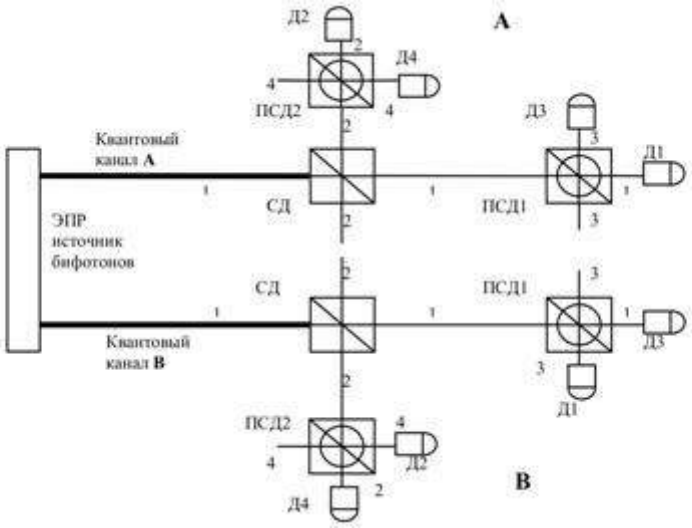


Рис. 1. Схема анализатора квантовых состояний фотона в установке распределения квантового ключа по протоколу BB84: СД – светоделитель; ПСД 1, 2 – поляризационные светоделители; Д1–Д4 – фотодетекторы в каналах A и B

Начальная матрица плотности фотонов, создаваемая генератором электронного парамагнитного резонанса (ЭПР):

$$\rho(0)_{AB} = |\alpha|^2 |0\rangle\langle 0| + \left(\rho_{01}(0) + \rho_{02}(0) + \{H.C.\}\right) + \frac{1}{4}|\beta|^2 \left(I_A * I_B - \sum_{\alpha=x,y,z} (\mathbf{e}_\alpha, \boldsymbol{\sigma}_A) * (\mathbf{e}_\alpha, \boldsymbol{\sigma}_B) \right).$$

Решив уравнение Лиувилля, получим матрицу плотности фотона в момент времени t (на выходе квантового канала или на входе в анализатор):

$$\rho_{AB}(t) = \left(1 - \left|\beta^2\right| \exp(-\delta t)(2 - \exp(-2\delta t))\right)|0\rangle\langle 0| + \left(\rho_{01}(t) + \rho_{02}(t) + \{H.C.\}\right) +$$

$$+ \frac{\left|\beta^2\right|}{2} \exp(-\delta t)\left(1 - \exp(-\delta t)\right)\left(|0\rangle_A \langle 0| \cdot I_B + I_A \cdot |0\rangle_B \langle 0|\right) + \qquad (3)$$

$$+ \frac{\left|\beta^2\right|}{4} \exp(-2\delta t)(I_A \cdot I_B - \exp(-2\gamma t) \sum_{\alpha=x,y,z} (W_A \vec{e_\alpha}, \vec{\sigma_A}) \cdot (W_B \vec{e_\alpha}, \vec{\sigma_B})),$$

где $\delta + \gamma$ – скорость деполяризации; δ – скорость поглощения фотонов.

Получим закон преобразования базисных векторов $|V\rangle$, $|H\rangle$ с входа анализатора на его выход

$$|H\rangle_1 = \hat{b}^\dagger_{1,H}|0\rangle \to \left(\frac{\hat{b}^\dagger_2 - \hat{b}^\dagger_4}{2} + \frac{\hat{b}^\dagger_1}{\sqrt{2}}\right)|0\rangle, \qquad |V\rangle_1 = \hat{b}^\dagger_{1,V}|0\rangle \to \left(\frac{\hat{b}^\dagger_2 + \hat{b}^\dagger_4}{2} + \frac{\hat{b}^\dagger_3}{\sqrt{2}}\right)|0\rangle. \qquad (4)$$

Из-за ошибок в квантовом канале возможны несовпадающие по номерам отсчеты в каналах A и B, имеющие одинаковые четности. Это

$$D_1^A \wedge D_3^B,\ D_3^A \wedge D_1^B,\ D_2^A \wedge D_4^B,\ D_4^A \wedge D_2^B. \qquad (5)$$

С помощью формул (3) и (4) получим вероятность ошибки, определяемой событиями (5)

$$P_{err} = \frac{1}{4}|\beta|^2 \exp(-2\delta t)\left(1 - \exp(-2\gamma t)\frac{\left(W_A W^T{}_B\right)_{xx} + \left(W_A W^T{}_B\right)_{zz}}{2}\right). \qquad (6)$$

Из (6) следует, что при условии $\xi_A = \xi_B$, т.е. в случае одинаковых искажений поляризации в каналах A и B, ошибка $P_{err} = 0$.

Квантовые каналы A и B естественно проектировать из отрезков ОВ, выполненных по одной технологии. Обозначим через σ, $\overline{\xi}$ соответственно среднее квадратическое отклонение и математическое ожидание параметра ОВ ξ, а через σ_θ, $\overline{\theta}$ – среднее квадратическое отклонение и математическое ожидание для угла θ. Выбор отрезков ОВ для каналов A и B будем производить коррелированно, с коэффициентами корреляции r (выбор параметра ξ) и r_θ (выбор угла θ). Окончательно усреднение ошибки $P_{err}^{(BF)}$ (6) выполним по распределению

$$\rho\left(\xi_A,\xi_B,\theta_A,\theta_B\right)=\rho\left(\xi_A,\xi_B,\sigma,r,\overline{\xi}\right)\rho\left(\theta_A,\theta_B,\sigma_\theta,r_\theta,\theta\right), \tag{7}$$

где двумерное нормальное независимое распределение

$$\rho\left(x,y,\sigma,r,\overline{x}\right)=\frac{1}{2\pi\sigma^2\sqrt{1-r^2}}\exp\left\{-\frac{\left(x-\overline{x}\right)^2+\left(y-\overline{x}\right)^2-2r\left(x-\overline{x}\right)\left(y-\overline{x}\right)}{2\sigma^2\left(1-r^2\right)}\right\}. \tag{8}$$

Соотношение для средней относительной ошибки (QBER) в переданном квантовом ключе (среднее число ошибок в просеянном ключе длиной $N/2$ по отношению к длине просеянного ключа):

$$\mathrm{QBER}=2\overline{P}_{err}. \tag{9}$$

В заключение отметим, что в работе рассмотрена оптимальная стратегия выбора отрезков ОВ для квантовых каналов A и B, используемых для распределения квантового ключа с помощью перепутанных поляризационных состояний бифотонов. Для минимизации QBER, в случае использования ОВ, обладающего двулучепреломлением, пары отрезков A и B следует подбирать коррелированно.

Погрешности в «просеянном» квантовом ключе, распределенном по протоколу BB84, с учетом поглощения и деполяризации. Изучим закон распространения фотонов в квантовом канале в представлении Шредингера. Зададим гамильтониан взаимодействия мод (1) и базисные вектора (2) (рис. 2).

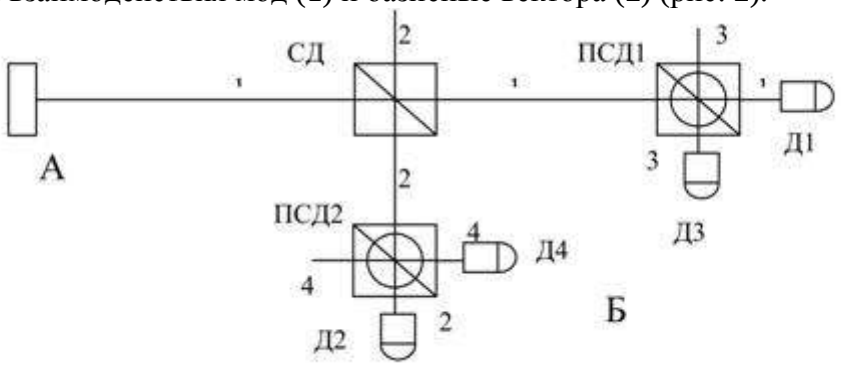


Рис. 2. Схема анализатора квантовых состояний фотона в установке распределения квантового ключа по протоколу BB84. СД – светоделитель, ПСД 1, 2 – поляризационные светоделители; Д1–Д4 – фотодетекторы в каналах A и B. Цифрами пронумерованы пространственные моды и соответствующие входы и выходы светоделителей

Матрица плотности в уравнении Лиувилля определяется четырьмя вещественными и двумя комплексными функциями $P(t)$, $\rho_{01}(t)$, $\rho_{02}(t)$, $\mathbf{p}(t)$:

$$\begin{aligned}\rho(t)&=\left(1-P(t)\right)|0\rangle\langle 0|+\left(\rho_{01}(t)\cdot|0\rangle\langle 1|+\rho_{02}(t)\cdot|0\rangle\langle 2|+\{H.C\}\right)+\\&+\frac{1}{2}\left(P(t)\left(|1\rangle\langle 1|+|2\rangle\langle 2|\right)+\left(\mathbf{p}(t),\boldsymbol{\sigma}\right)\right).\end{aligned} \tag{10}$$

Система уравнений для функций $P(t)$, $\rho_{01}(t)$, $\rho_{02}(t)$, $\mathbf{p}(t)$ имеет вид

$$\begin{cases} \dfrac{d}{dt}P(t) = -\delta \cdot P(t), \\ \dfrac{d}{dt}\rho_{01}(t) = -\left(\dfrac{i}{2}\xi_z + \gamma_{01}\right)\rho_{01}(t) + \dfrac{i}{2}\left(\xi_x + i\xi_y\right)\rho_{02}(t) \\ \dfrac{d}{dt}\rho_{02}(t) = -\left(\dfrac{i}{2}\xi_z + \gamma_{02}\right)\rho_{02}(t) + \dfrac{i}{2}\left(\xi_x - i\xi_y\right)\rho_{01}(t) \\ \dfrac{d}{dt}\mathbf{p}(t) = \left[\xi \times \mathbf{p}(t)\right] - \hat{\gamma}\mathbf{p}(t) \end{cases},$$

где $\hat{\gamma}_{\alpha,\beta} = (\delta + \gamma)\delta_{\alpha,\beta}$, $\delta + \gamma \geq \delta \geq 0$; $\delta+\gamma$ – скорость деполяризации; δ – скорость поглощения фотонов.

Будем считать, что Алиса с равной вероятностью $1/4$ генерирует одно из четырех состояний и посылает их Бобу на анализатор через шумящий канал (учитываем возможный вклад вакуумного состояния)

$$\left|\Psi^{(1)}\right\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle, \quad \left|\Psi^{(2)}\right\rangle = \alpha|0\rangle + \frac{\beta}{\sqrt{2}}\left(|2\rangle + |1\rangle\right),$$

$$\left|\Psi^{(3)}\right\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|2\rangle, \quad \left|\Psi^{(4)}\right\rangle = \alpha|0\rangle + \frac{\beta}{\sqrt{2}}\left(|2\rangle - |1\rangle\right).$$

Для этих состояний начальные данные имеют вид

$$P(0) = |\beta|^2,\ \mathbf{p}^{(1)}(0) = |\beta|^2\mathbf{e}_z,\ \mathbf{p}^{(4)}(0) = -\mathbf{p}^{(2)}(0),\ \mathbf{p}^{(2)}(0) = |\beta|^2\mathbf{e}_x,\ \mathbf{p}^{(3)}(0) = -\mathbf{p}^{(1)}(0).$$

Расчет показывает, что полная вероятность ошибки при передаче одного (любого) кубита равна

$$P_{err} = \frac{1}{4}\left(P(t) - \frac{\mathbf{p}_z^{(1)}(t) + \mathbf{p}_x^{(2)}(t)}{2}\right) = \exp(-\delta t)\frac{|\beta|^2}{4}\left(1 - \frac{W_{x,x}(\xi,t) + W_{z,z}(\xi,t)}{2}\exp(-\gamma t)\right).$$

Средняя длина просеянного ключа N_{sift}, выраженная через N – полное число посылок.

$$N_{sift} = \frac{N}{2}P_{\text{det}} = \frac{N}{2}|\beta|^2\exp(-\delta t).$$

Заключение. В работе найдена средняя по разбросу параметров ОВ относительная ошибка в просеянном квантовом ключе, распределенном по протоколу ЭПР с учетом поглощения и деполяризации, по протоколу BB84 с поляризационным кодированием информации с учетом поглощения и деполяризации. Сделан вывод о том, что правильный выбор технологи изготовления ОВ квантового канала позволит снизить QBER до критического уровня, равного 0,11, ниже которого распределенный ключ можно использовать для целей криптографии.

Планируется изучить информационные характеристики неидеального квантового оптоволоконного канала, подверженного атаке типа «перехват–посылка», с помощью матрицы плотности вычислить информационные характеристики распределяемого просеянного ключа, которые упоминались в работе, предоставить анализ протокола перехвата квантовой информации в присутствии неидеального шумящего канала и оценить длительность канала, на которой перехватчик может быть обнаружен в результате статистического анализа. Также планируется дать аналогичную оценку для случая перепутанных состояний и кодирования информации на ЭПР-протоколе.

Литература

1. Nielsen M.A., Chuang I.L. Quantum Computation and Quantum Information. – Cambridge University Press, Cambridge. – 2000.
2. Bouwmeester D., Ekert A., Zeilinger A. The Physics of Quantum Information. – Springer, Berlin. – 2000.

Чечуров Павел Сергеевич
Год рождения 1988
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа 6303
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
e-mail: ChechurovPS@gmail.com

УДК 62-628.93

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И МОДЕЛИРОВАНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

П.С. Чечуров
Научный руководитель – к.т.н., доцент Г.Э. Романова

В современном мире происходит смещение акцента в пользу использования инновационных энергоэффективных технологий. Светодиодные технологии находят практическое применение во множестве областей, но наиболее динамично развивается именно направление светодиодных систем для освещения. Появляются новые модели светодиодов с улучшенными характеристиками, и это приводит к потребности в разработке новой вторичной оптики, так как оптика рассчитывается непосредственно под определенный светодиод. С появлением новых светодиодов разрабатываются новые образцы осветительных приборов. Возникает необходимость в формировании их фотометрических моделей для использования в светотехнических программах при проектировании освещения [1].

Целью работы была разработка линейки вторичной оптики для нового светодиода XT-E, а также разработка методики моделирования и формирования фотометрических моделей светодиодных осветительных приборов с использование программного комплекса Zemax.

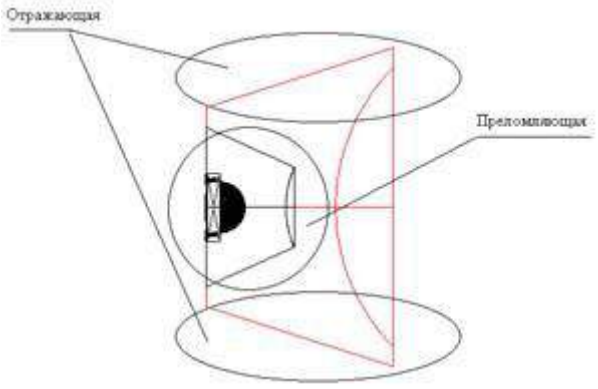


Рис. 1. Общий случай вторичной оптики

Вторичная оптика представляет собой рефракторную или рефлекторную оптическую систему, работающую со светодиодом. Она служит для формирования

нужной диаграммы распределения силы света. В общем случае вторичную оптику можно рассматривать как сложную линзу, в которой основную роль играют две поверхности: внутренняя преломляющая и внешняя отражающая (рис. 1).

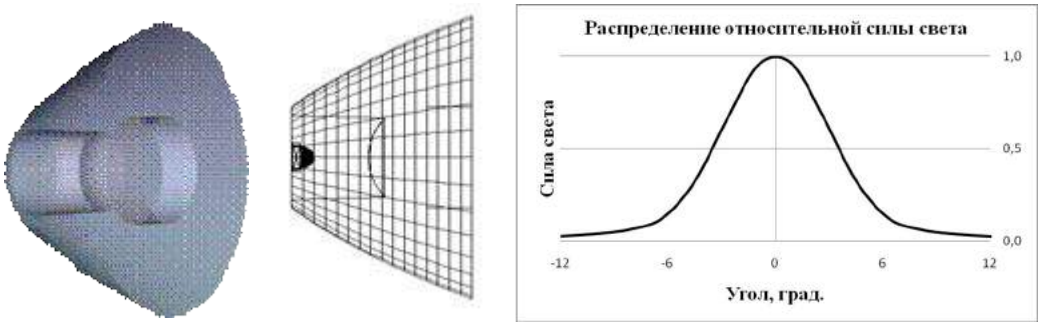
Разработка оптики проводилась по алгоритму, показанному на рис. 2 [2].

Рис. 2. Алгоритм разработки вторичной оптики

При проектировании вторичной оптики для светодиодов важным вопросом является точное моделирование источника излучения. От этого зависит, насколько характеристики проектируемой осветительной системы будут соответствовать реальной системе. В ходе работы было проведено исследование результатов моделирования светодиода и системы «светодиод-линза» с использованием стандартных компонентов среды моделирования, файлов европейского стандарта EULUMDAT, американского стандарта IESNA и файлов, разрабатываемых фирмой Zemax. Были сделаны выводы, что для более точного моделирования и оптимизации системы «светодиод-линза» необходимо использовать файлы формата DAT, разрабатываемые фирмой Zemax [3–5].

Моделирование систем проводилось в среде Zemax в непоследовательном режиме расчета хода луча. Оптимизация проводилась на локальный минимум оценочной функции алгоритмом Orthogonal Descent [6].

В ходе работы была смоделирована и оптимизирована линейка вторичной оптики: два отражателя и девять линз с различными наборами характеристик для различного применения. Эффективность, габаритные размеры, отношение кд/лм полученной оптики не уступают основным зарубежным аналогам, а по некоторым параметрам превосходят их. На рис. 3 в качестве примера приведена линза SPOT с шириной пучка по уровню половины силы света 6º.



а б в

Рис. 3. Линза SPOT: внешний вид системы (а); сечение системы (б); распределение относительной силы света (в)

Таблица. Характеристики линзы SPOT

Характеристика	Значение
Отношение кд/лм	36,1
Угол $0{,}5I_{max}$, град	6
Высота/диаметр, мм	16/32

В работе рассматривался вопрос формирования фотометрических моделей светодиодных осветительных приборов, применяемых для расчетов в светотехнических программах. Эти модели создаются на основании фотометрических измерений, выполняемых в специализированных лабораториях. Файлы формируются на основе данных о распределении силы света осветительного прибора, полученных при этих измерениях.

В работе был предложен и рассмотрен метод формирования таких моделей с помощью моделирования оптической части осветительного прибора и трассировки через нее большого количества лучей от светодиодов. Были проведены сравнения результатов светотехнических расчетов с использованием моделей, полученных измерениями и моделированием для светильника промышленного назначения и прожектора заливающего света. На рис. 4 приведены результаты расчетов в программе, применяемой для проектирования освещения Dialux в изолюксах, с использованием моделей, указанных выше.

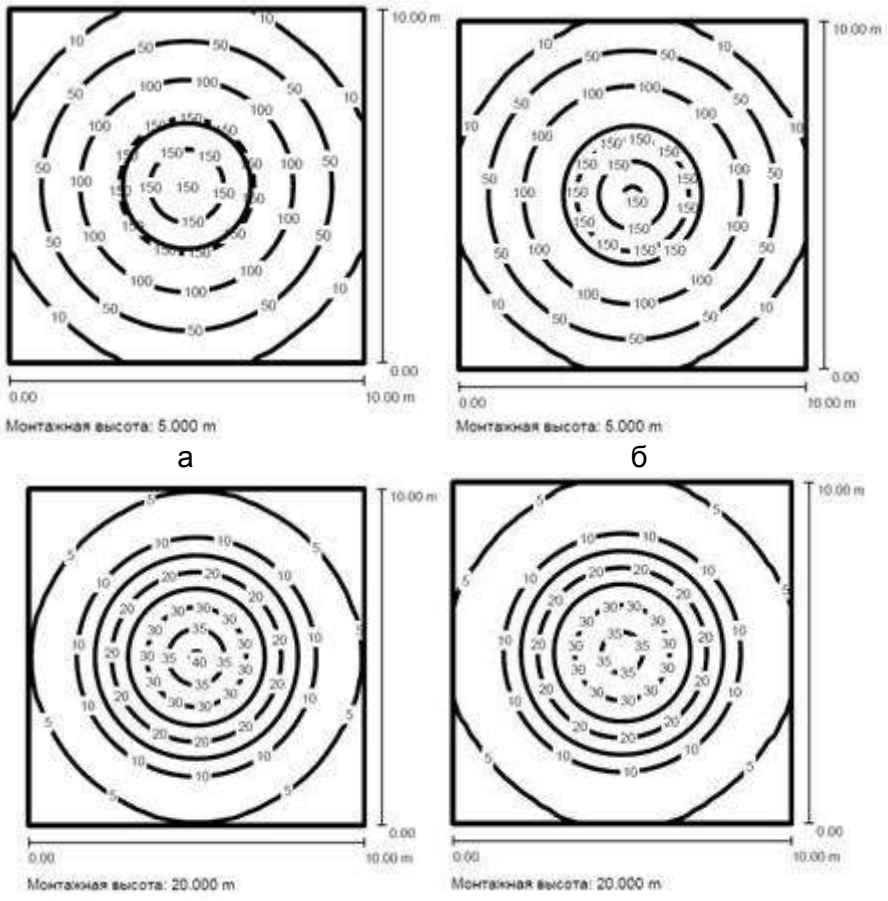


Рис. 4. Результаты расчетов в программе: светильник – моделирование (а) и измерение (б); прожектор – моделирование (в) и измерение (г)

На практике данный метод показал хорошие результаты. Он позволяет существенно сокращать временные и финансовые затраты на формирование фотометрических моделей.

Литература

1. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Айзенберга Ю.Б. – 3-е изд. – М.: Знак, 2006. – 972 с.

2. Чечуров П.С., Романова Г.Э. Моделирование вторичной оптики для светодиодов на основе линз с эффектом полного внутреннего отражения // Изв. вузов. Приборостроение. – 2012. – № 7. – С. 48–52.
3. Чечуров П.С., Романова Г.Э. Использование Zemax для формирования фотометрических моделей светодиодных осветительных приборов // Оптический журнал. – 2012. – № 5. – С. 57–60.
4. EULUMDAT PHOTOMETRIC DATA FILE FORMAT – Европейский стандарт.
5. IESNA:LM-63-1995 – Северо-Американский стандарт.
6. Zemax Optical Design Program User's Manual.

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

Баринов Андрей Валерьевич
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологии,
кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии,
группа 6665
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: sapok89@mail.ru

УДК 534.6.08

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВУСТЕННЫХ КРИОГЕННЫХ СОСУДОВ

А.В. Баринов
Научный руководитель – д.т.н., гл.н.с. А.В. Федоров

Проблема обеспечения безопасной эксплуатации сложных технических систем и оборудования, опасных производственных объектов приобретает в настоящее время особое значение. Существенный износ основного промышленного оборудования, технические и финансово-экономические проблемы, связанные с заменой отработавших свой ресурс объектов, и ряд других факторов предполагают поиск новых подходов к решению задач, стоящих перед технической диагностикой. В настоящее время порядка 83% парка криогенных сосудов находятся за пределами назначенного срока службы. Существующие методы и методики контроля технического состояния (ТС) дорогостоящие и длительные по времени их реализации. На большинстве сосудов, находящихся за пределами срока службы, отсутствуют стационарные системы контроля.

Для определения технического состояния подобных объектов возможно использование различных методов как разрушающего, так и неразрушающего контроля (МНК) [1]. Каждый из методов обладает набором своих достоинств и недостатков. Для того чтобы снизить себестоимость работ контроля ТС и достичь требуемой достоверности его результатов, необходимо оптимальное применение различных МНК [2]. В этом и заключается актуальность данной работы.

Таким образом, имеет место проблемная ситуация, заключающаяся в противоречии между необходимостью обеспечения контроля ТС двустенных криогенных сосудов [3] с требуемой достоверностью при ограниченных ресурсах – с одной стороны, и отсутствием методики комплексного применения МНК – с другой.

Под комплексным применением МНК в настоящей работе понимается совместное применение различных методов.

Разработка методики комплексного применения методов акустической эмиссии (АЭ) и ультразвукового контроля (УЗК) двустенных криогенных сосудов, позволяющей обеспечить требуемую достоверность при ограниченных ресурсах (материальных, временных и т.д.), что и является целью исследования [4].

Для достижения цели работы поставлены и решены следующие задачи:

1. обзор типовых дефектов, возникающих в двустенных криогенных сосудах;
2. выбор МНК, применимых для оценки технического состояния двустенных криогенных сосудов;
3. разработка методики комплексирования методов акустико-эмиссионного и УЗК для оценки дефектов, возникающих в двустенных криогенных сосудах;

4. апробация методики на примере резервуара сферического кислородного объемом 1400 м^3 (РСК-1400).

Научная новизна работы состоит в том, что разработана новая модель локации, которая учитывает коэффициенты затухания в двустенных криогенных сосудах, позволяющая существенно повысить точность определения координат и уровней амплитуд сигналов АЭ, порождаемых развивающимися дефектами [5].

В ходе разработки новой модели локации требовалось измерение затухания сигнала АЭ, в основе которой лежит выбор расстояния между преобразователями акустической эмиссии (ПАЭ). Измерения производились в следующем порядке: на образце, имитирующим звуковод (рис. 1) двустенной криогенной конструкции, устанавливался ПАЭ, имитатор АЭ перемещался по линии в направлении от ПАЭ на расстояние до 1650 мм с шагом 150 мм. В качестве имитатора АЭ использовался имитатор Су-Нильсена (излом стержня карандаша диаметром 0,3–0,5 мм, твердостью 2Н (2Т), с углом наклона стержня приблизительно 30° к поверхности, стержень выдвигается на 2,5 мм).

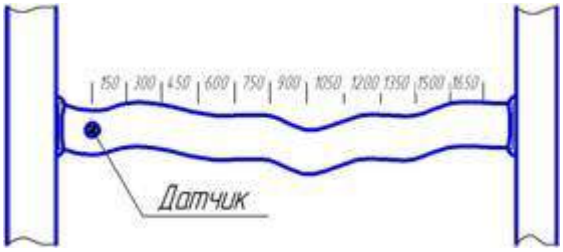


Рис. 1. Образец

Расстояние между ПАЭ при использовании зонной локации задавался таким образом, чтобы сигнал АЭ от излома карандаша регистрировался в любом месте контролируемой зоны хотя бы одним ПАЭ и имел амплитуду не меньше заданной. При этом учитывалось, что разница амплитуд имитатора АЭ при расположении его вблизи ПАЭ и на краю зоны не должна превышать 20 дБ, а максимальное расстояние между ПАЭ не должно превышать расстояния, которое в 1,5 раза больше порогового. Последнее определялось как расстояние, при котором амплитуда сигнала от имитатора АЭ (излома грифеля карандаша) равна пороговому напряжению.

Измерение скорости звука, используемое для расчета координат источников АЭ, производилось следующим образом. Имитатор АЭ располагался вне групп ПАЭ на линии, соединяющей ПАЭ, на расстоянии 10–20 см от одного из них. В результате многократных измерений (использовалось пять измерений) для разных пар ПАЭ, определялось среднее время распространения. По этому времени и известному расстоянию между ПАЭ вычислялась скорость распространения сигналов АЭ [6].

Чтобы существенно повысить точность определения координат и уровней амплитуд сигналов АЭ, порождаемых развивающимися дефектами, была разработана новая модель локации (рис. 2), которая учитывала коэффициенты затухания в двустенных криогенных сосудах.

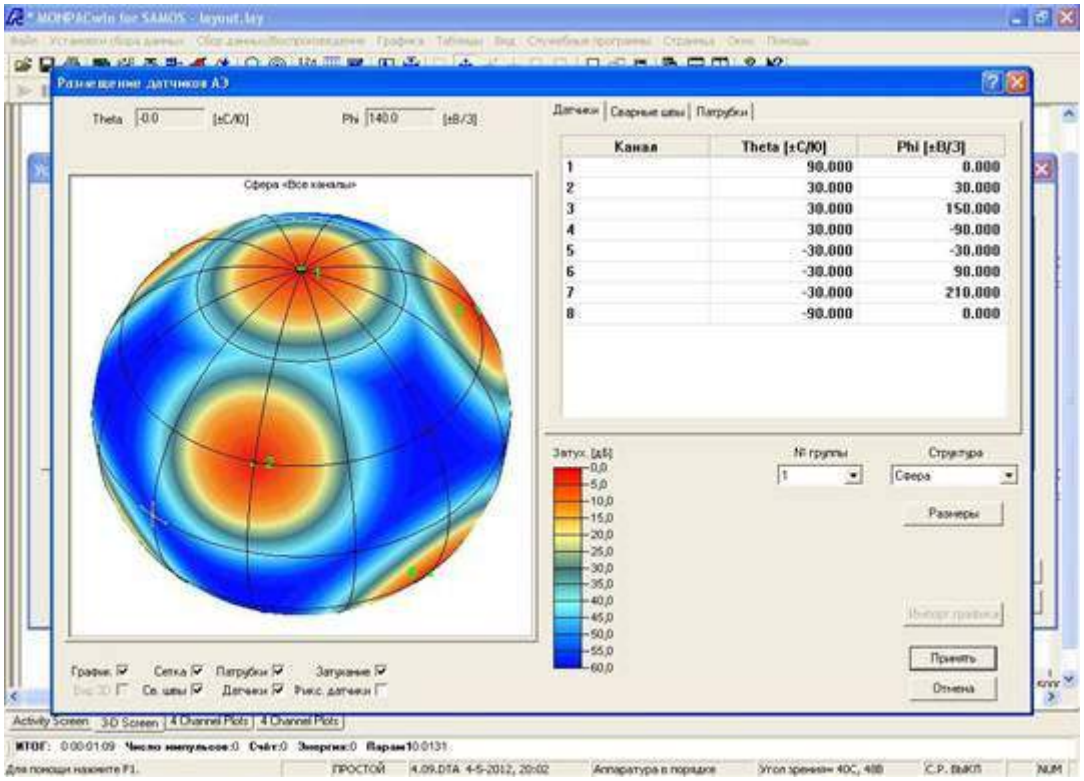


Рис. 2. Объемная модель затухания

В результате применения метода АЭ определялись зоны расположения возможных дефектов. На следующем этапе в данных зонах производился УЗК, при котором определялось значение параметров возможных дефектов [7].

Совместное использование метода АЭ и метода УЗК обуславливает необходимость разработки методики их применения.

Практическая значимость состоит в разработке методики, позволяющей оптимальным образом использовать методы акустической эмиссии АЭ и УЗК для оценки ТС двустенных криогенных сосудов.

Достоверность обосновывается результатами экспериментальных исследований в процессе апробации методики на примере РСК-1400.

Литература

1. ГОСТ 18353-79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. – Введ. 01.07.1980. – М.: Изд-во стандартов, 1987 – 14 с.
2. ГОСТ Р 8.563-96. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. – Введ. 01.07.1997. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 23 с.
3. Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов: ПБ 03-593-03: утв. Госгортехнадзором России 09.06.03. – Ввод в действие 01.10.03. – М.: ОАО «Оргэнергонефть», 2003. – 38 с.
4. Клюев В.В. Неразрушающий контроль. Справочник. – М.: Машиностроение, 2005. – Т. 3. – Кн.1. – 850 с.
5. Болотин Ю.Н. Дробот Ю.Б. Акустическая локализация хрупких макроразрушений Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2003. – 154 с.

6. Гуменюк В.А., Несмашный Е.В. Оптимизация алгоритма акустико-эмиссионной локации дефекта в кольцевых швах сварных конструкций // Контроль. Диагностика, 2007. – № 9. – С.34–42.
7. Ермолов И.Н., Ланге Ю.В. Неразрушающий контроль. Ультразвуковой контроль. Справочник. – М.: Машиностроение, 2004. – Т. 3. – 864 с.

Беликов Илья Николаевич
Год рождения: 1990
Институт холода и биотехнологий, факультет криогенной техники и кондиционирования, кафедра криогенной техники, группа 6КТ
Направление подготовки:
140500 Криогенные машины и установки
e-mail: cool.stud@bk.ru

УДК 621.075.8

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОТВОДА ТЕПЛА ОТ ИСТОЧНИКОВ УЛЬТРАХОЛОДНЫХ НЕЙТРОНОВ СО СВЕРХТЕКУЧИМ ГЕЛИЕМ

И.Н. Беликов
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.И. Иванов

На базе действующего исследовательского реактора ВВР-М в Петербургском институте ядерной физики предлагается создать высокоинтенсивный источник ультрахолодных нейтронов (УХН) для научных исследований в области фундаментальной физики [1–3]. Источник УХН будет располагаться в тепловой колонне реактора ВВР-М, в условиях радиационной тепловой нагрузки до 45 Вт.

Целью работы являлся расчет узлов криогенной системы для криостатирования источника УХН на температурном уровне 1,2±0,1 К.

Для работы на этом температурном уровне в качестве криоагента был выбран сверхтекучий гелий. Были рассмотрены варианты использования в качестве криоагента He^3 и He^4. В результате был выбран вариант с использованием He^4, ввиду того, что это позволяет упростить систему и снизить затраты на ее создание. В качестве способов отвода тепла из внутриреакторной камеры источника УХН рассматривались варианты с непосредственной вакуумной откачкой паров из камеры и с отводом теплоты по тепловому мосту из He-II за счет его уникально высокой теплопроводности. Был выбран вариант с непосредственной откачкой паров, поскольку он обладал лучшими нейтронными характеристиками, более надежной конструкцией и содержал меньше сверхтекучего гелия.

Упрощенная схема криогенной системы показана на рис. 1.

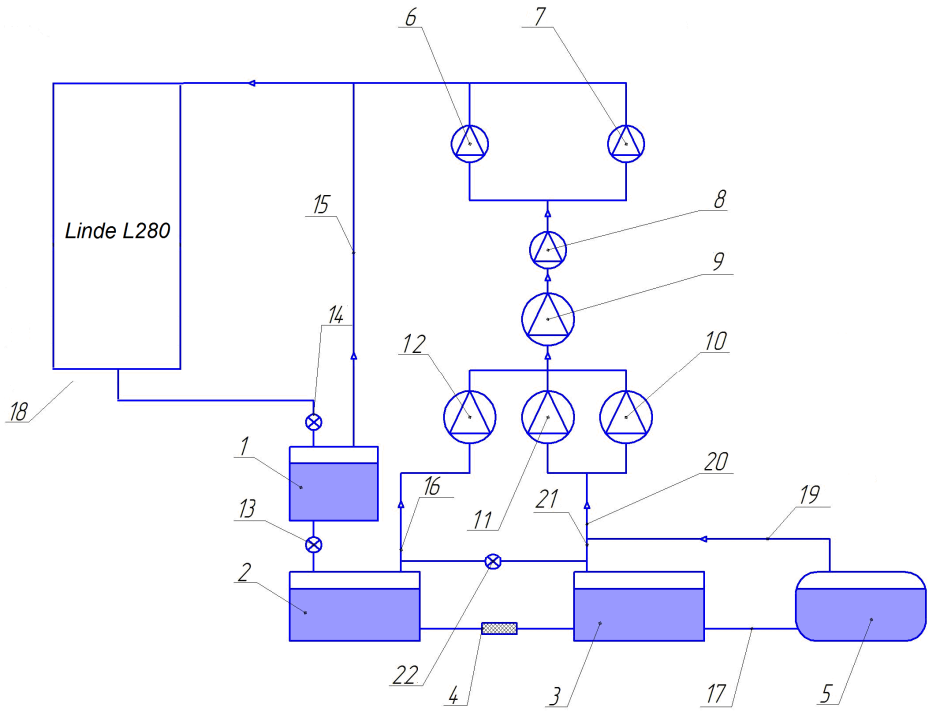


Рис. 1. Принципиальная схема цикла со сверхтекучим гелием: 1 – верхняя ванна криостата; 2 – промежуточная ванна криостата; 3 – нижняя ванна криостата; 4 – термомеханический фильтр; 5 – камера источника УХН; 6–12 – вакуумные насосы; 13, 14, 22 – дроссельные вентили; 15–17, 19–21 – трубопроводы; 18 – ожижитель гелия Linde L280; 22 – пусковой вентиль

Проведен расчет холодопроизводительности цикла, давлений и массовых расходов. В результате показано, что имеющееся оборудование позволяет производить термостатирование на температурном уровне 1,3 К при тепловой нагрузке на камеру источника 45,8 Вт.

Так как давления в рассматриваемом гелиевом цикле малы, то необходимо учесть перепад давления на границе жидкость-пар, возникающий во время кипения гелия. Был проведен расчет зависимости перепада давлений от площади испарения и выбран оптимальный диаметр ванны.

Откачка паров гелия производилось вакуумными насосами, рассчитанными на температуру откачиваемого газа, близкую к комнатной. В то же время, на выходе из криостата пары имели температуру около 1,3 К, и необходимо было разработать систему подогрева паров. Были поставлены требования, обеспечить гидравлическое сопротивление нагревателя паров не более 10 Па и, по-возможности, сделать его компактным. Эти, взаимоисключающие требования, привели к тому, что было принято решение не использовать холод гелиевых паров. Подогрев гелия осуществлялся за счет электрического нагревательного элемента. Схема нагревателя показана на рис. 2.

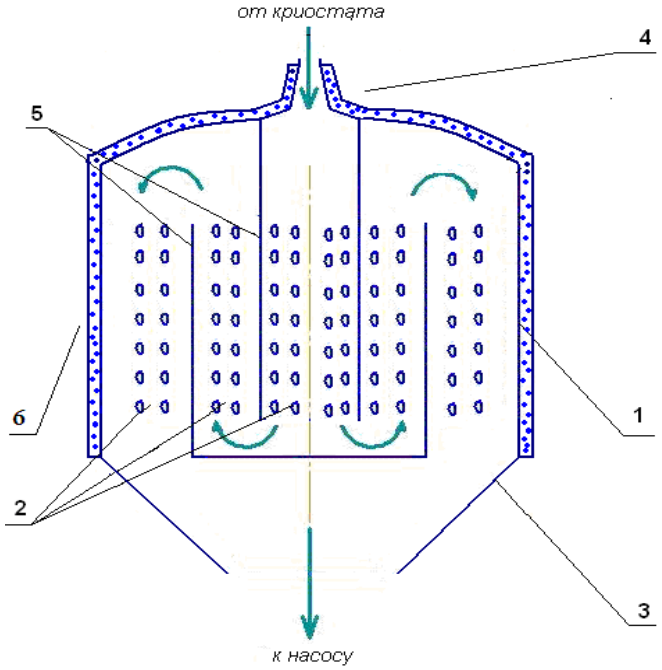


Рис. 2. Схема нагревателя паров: 1 – обечайка; 2 – нагревательные элементы (спираль); 3 – конфузор; 4 – диффузор; 5 – каналы; 6 – изоляция

Выбрана лабиринтная схема с тремя концентрическими каналами.

На языке MathCad была написана программа, производящая тепловой и гидравлический расчет нагревателя по итерационному алгоритму. При расчете нагреватель разбивался по длине на участки (слои), в пределах которых свойства материалов и сред считались постоянными. Результаты расчета выводились в виде графиков, что облегчало подбор оптимального варианта конструкции нагревателя.

Для испытаний модели источника УХН необходимо было разработать имитатор реакторной тепловой нагрузки на сверхтекучий гелий в камере источника УХН. Была поставлена задача, разработать компактное устройство, производящее теплообмен с He-II в беспленочном режиме. Для этого на основании анализа экспериментальных данных были выявлены зависимости $q_{кр}$, соответствующей переходу в область пленочного кипения, от глубины погружения образца, его размеров, температуры сверхтекучего гелия и наличия дефектов в образце. Проведенные расчеты показали возможность создания имитатора, удовлетворяющего заданным требованиям.

Была проведена оценка интенсификации испарения гелия, за счет натекания пленки He-II на стенки гелиевых ванн (термомеханический эффект). Расчеты базировались на экспериментальных данных, посвященных течению пленок He-II. Результаты расчета позволяют судить о том, что влияние термомеханического эффекта на работу установки незначительно.

В работе также рассмотрена система очистки гелия от изотопа He^3 с использованием термомеханического насоса.

Литература

1. Serebrov A.P. et.al. Project of UCN source for fundamental research at PNPI. – Preprint PNPI, 2008. – № 2783. – 11 p.

2. Ерыкалов А.Н., Онегин М.С., Серебров А.П. Новый источник холодных и ультрахолодных нейтронов на реакторе ВВР-М I. Оценка нейтронных потоков и энерговыделения. – Препринт ПИЯФ, 2008. – № 2776. – 22 с.
3. Захаров А.А., Серебров А.П. Новый источник холодных и ультрахолодных нейтронов на реакторе ВВР-М II. Низкотемпературная часть со сверхтекучим гелием». – Препринт ПИЯФ, 2009. – 25 с.

Воскресенский Антон Александрович
Год рождения: 1989
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевой инженерии и автоматизации, кафедра процессов и аппаратов пищевых производств, группа 6ПА
Направление подготовки:
151000 Технологические машины и оборудование
e-mail: avoskresenskiy@gmail.com

УДК 66.24 (07)

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ДОЗИРОВАНИЯ НЕНЬЮТОНОВСКИХ ЖИДКОСТЕЙ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

А.А. Воскресенский
Научный руководитель – д.т.н., профессор Г.В. Алексеев

Целью работы являлось исследование дозаторов с совмещенным приводом распределителей и поршней, позволяющее целенаправленно рассчитывать их конструктивные параметры, определить области применения и допустимые режимы работы.

Существуют некоторые специфические требования, предъявляемые к оборудованию фасования, применяемому на предприятиях пищевой промышленности. Прежде всего, необходимо отметить требование регулярной санитарной обработки частей оборудования, контактирующих с перерабатываемым продуктом. Во-вторых, достаточно тяжелые условия работы оборудования (высокая влажность, загрязненность помещений, недостаточная квалификация обслуживающего персонала). В-третьих, необходимость фасования продукции, различной по своим физико-механическим свойствам. Кроме того, система фасования должна позволять быструю и удобную регулировку, как величины отмериваемых порций, так и общей ее производительности. В пищевой промышленности распространены фасовочные машины с производительностью от нескольких единиц до десятков тыс. упаковок в час. Однако подобная производительность достигается посредством установки параллельно работающих дозирующих устройств, каждое из которых оснащено полным комплектом необходимых приводов, контролирующих, сигнализирующих и др. устройств, отчего стоимость такого рода оборудования становится крайне высокой. С другой стороны, по мере усложнения дозирующего устройства, неизбежно снижается надежность его работы, усложняется его обслуживание, а также сборка и разборка на санитарную обработку [1].

Решение ряда существующих задач связано с разработкой нового принципа построения дозаторов, наиболее полно отвечающих требованиям пищевой промышленности, а также исследованием точности работы дозаторов, разработкой

теоретических основ построения дозаторов с точки зрения автоматизации их проектирования.

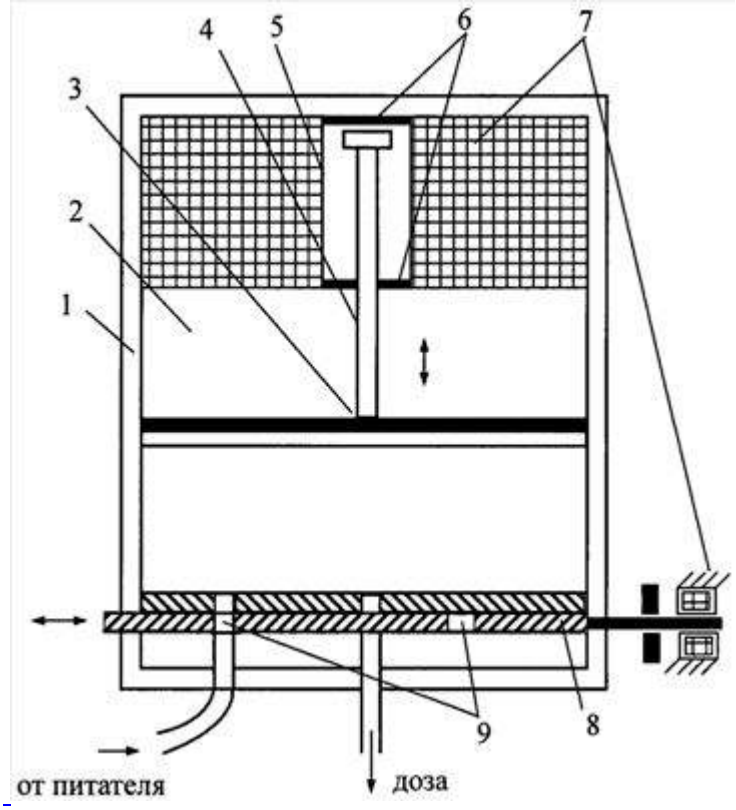


Рисунок. Схема дозатора с мерным цилиндром и плоским золотником

Общим итогом работы явилось создание конструкции дозаторов нового типа: дозаторов с совмещенным приводом распределителя и поршня (рисунок), которое позволило перейти к их целенаправленному проектированию, наладке и эксплуатации [2].

Литература

1. Жавнер В.Л., Старостенков И.В. Дозаторы для вязких продуктов с совмещенным приводом распределителей и поршней // Техническое переоснащение пищевой и перерабатывающей промышленности Северо-Западного региона Российской Федерации. Межрегиональные связи: Сб. тез. Докл. – СПб: Рестэк, 2000. – С. 25–26.
2. Воскресенский А.А., Алексеев Г.В. Устройство для дозирования пищевых продуктов. Патент РФ № 115161 на полезную модель от 27.04.12.

Дегтева Светлана Владимировна
Год рождения: 1988
Гуманитарный факультет, кафедра прикладной экономики и маркетинга, группа 6074
Направление подготовки:
080500 Бизнес-информатика
e-mail: svetlana.degteva@gmail.com

УДК 330.341.1

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ИТ-ПРОДУКТОВ НА РОССИЙСКИЙ РЫНОК

С.В. Дегтева
Научный руководитель – д.э.н., профессор О.В. Васюхин

Введение. Актуальность темы исследования. В работе затронута одна из самых актуальных на сегодняшний день тем – инновационная активность крупных российских предприятий. С точки зрения автора, повсеместно внедряемые корпоративные информационные системы (КИС), в том числе системы планирования ресурсов предприятия (Enterprise Resource Planning, ERP), являются организационно-управленческими инновациями. А применение инновационного подхода к проектам внедрения КИС позволит повысить успешность их реализации.

Цель работы – исследовать теоретические и методические аспекты управления проектами по внедрению информационных систем и обосновать наиболее значимые критерии, позволяющие осуществить проект внедрения в поставленный срок, и не превышая выделенных на проект ресурсов. Для достижения поставленной цели в ходе исследования был поставлен ряд задач, определяющих логику и структуру работы:

- исследовать понятия и сущности инновации и их классификационные признаки;
- исследовать группы эффектов, которые возникают при реализации инновационных проектов, и характеры их распространения (диффузии инноваций);
- выявить инновационные особенности информационных систем;
- проанализировать рынок систем класса ERP в России и успешность их внедрения;
- исследовать проекты в сфере информационных технологий и выявить свойства инновационных проектов;
- выявить критерии и методы управления проектами в сфере информационных технологий, соблюдение которых позволит реализовать проект в рамках выделенного бюджета, отведенного на него времени, с использованием выделенных ресурсов;
- проанализировать проект внедрения модуля «Управление талантами» в системе SAP R/3 в компании ЗАО «Табакко Интернэшнл Россия» с точки зрения выявленных критериев и методов;
- дать практические рекомендации по совершенствованию корпоративной методологии внедрения в ЗАО «Табакко Интернэшнл Россия».

Предметом исследования являлся комплекс теоретических, методических, практических вопросов, изучение которых производился в рамках методологии внедрения информационных систем и управления ИТ-проектами.

Объектом исследования являлась табачная компания ЗАО «Табакко Интернэшнл Россия».

В качестве теоретической основы для написания дипломного проекта помимо перечисленных стандартов были использованы такие работы как [1–3] и мн. др.

Научная новизна диссертационной работы заключалась в том, что автором выявлены критерии и методы проектов внедрения инновационных информационных систем, соблюдение которых позволяет реализовать проект в рамках выделенного бюджета, отведенного на него времени и с использованием выделенных ресурсов.

Практическая значимость исследования в том, что выявленные критерии и методы управления проектами в сфере информационных технологий могут быть использованы предприятиями большинства отраслей, которые занимаются внедрением информационных систем. Разработанный подход к внедрению информационных систем нашел практическое применение в ЗАО «Табакко Интернэшнл Россия».

Теория внедрения инновационных ИТ-продуктов. Опираясь на проведенное исследование, автор утверждает, что инновация – это внедрение принципиально нового или значительно улучшенного продукта (услуги), нового процесса, новых рыночных или организационных методов в экономике предприятия, сфере ведения бизнеса и организации деловых отношений [4]. Системы планирования ресурсов предприятия ERP, в данном случае, определяются как организационно-управленческие инновации, поскольку при их внедрении оптимизируются ключевые бизнес-процессы, изменяется структура и содержание информационных потоков, система помогает принимать управленческие решения [5].

Автором проведен анализ назначения и состава методологии внедрения информационных систем, выделен общий состав этапов внедрения систем ERP: анализ, планирование, разработка, внедрение, первоначальная поддержка и завершение [2]. Рассмотрены различные определения и сущность понятия проект, с точки зрения процессного подхода к определению проекта проанализированы принципы самого широко используемого стандарта в России – Свода знаний по управлению проектами PMBOK (Project Management Body of knowledge) [5].

На основе рассмотренных стандартов определены принципы, соблюдение которых поможет осуществить проект внедрения инновационных КИС в поставленный срок, не превышая выделенных на него ресурсов.

К этим принципам относятся:

- стратегическое планирование проектов;
- ориентация на будущего потребителя;
- ведущая роль руководства в процессе внедрения;
- вовлеченность сотрудников в инновационный процесс;
- принцип процессного подхода как к проекту;
- принцип непрерывных инноваций;
- принцип нереализованных возможностей [6–8].

Внедрение модуля «Управление талантами» в системе SAP R/3 в ЗАО «Табакко Интернэшнл Россия». С точки зрения выделенных критериев успешного внедрения КИС проведен анализ проекта внедрения нового модуля «Управление талантами» в системе SAP R/3 в ЗАО «Табакко Интернэшнл Россия». Проект осуществлялся согласно Корпоративному стандарту по управлению проектами (Project Management Framework, PMF), разработанному на основе Руководства PMBOK и методологии Accelerated SAP (ASAP) [1, 5].

По результатам проекта были выявлены слабые места в процессе его планирования и реализации, сформулированы практические рекомендации по совершенствованию методики внедрения КИС в компании:

- разработать более гибкий подход к определению продолжительности фаз проекта, поскольку проекты по обновлению систем не требуют продолжительной фазы инициации;
- разработать более подробный план управления затратами, использовать при планировании затрат на проект метод контрольных оценок;
- ориентироваться при разработке системы на ключевых пользователей для уменьшения затрат на их обучение;
- применять математические методы для оценки рисков, что позволит более точно оценить вероятность их возникновения и степень их влияния на проект;
- реализовать более равномерное распределение трудовых ресурсов на фазе первоначальной поддержки с целью снизить нагрузку на Глобальную службу поддержки;
- регулярно обновлять архитектуры процессов с целью оптимизации бизнес-процессов.

Заключение. В рамках исследования автором были проанализированы теоретические и методические аспекты управления проектами по внедрению КИС, как одного из видов инновационных проектов, и обоснованы наиболее значимые критерии, позволяющие осуществить проект внедрения инновационных КИС в поставленный срок, не превышая выделенных на него ресурсов.

Выработанные практические рекомендации вошли в документ предложений по внесению изменений и корректировок в Корпоративный стандарт управления проектами PMF ЗАО «Табакко Интернэшнл Россия». Документ был рассмотрен на заседании руководством компании, и по ряду пунктов принято решение о необходимости обновления существующего стандарта согласно предложениям автора. Дальнейшие проекты внедрения и обновления КИС в ЗАО «Табакко Интернэшнл Россия» будут реализованы с учетом одобренных изменений, предложенных автором.

Поскольку принципы управления проектами по внедрению КИС являются универсальными, они могут быть применены на предприятиях других отраслей с учетом специфики предприятия.

Литература

1. Вивек Кале Внедрение SAP R/3. Руководство для менеджеров и инженеров. – М.: Компания АйТи, 2006. – 511 с.
2. Грекул В.И., Денищенко Г.Н., Коровкина Н.Л. Управление внедрением информационных систем: Учебник. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 224 с.
3. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство PMBOK). – 4 изд. – Project Management Institute, 2008. – 463 с.
4. Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data. – 3-d edition. – OECD, EUROSTAT, 2005. – 162 p.
5. Шумпетер Й.А. Теория экономического развития. – М.: Директмедиа Паблишинг, 2008. – 401 с.
6. Зубрицкий А.А. Эффективное управление IT-проектами. – М.: Сетевая академия, 2008. – 232 с.
7. Никсон Ф. Роль руководства предприятия в обеспечении качества и надежности: Пер. с англ. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 230 с.
8. Фатхутдинов Р.А. Инновационный менеджмент: Учебник для вузов. – 5-е изд. – СПб: Питер, 2005. – 448 с.

Жуков Антон Сергеевич
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологий,
кафедра нанотехнологий и материаловедения, группа 6676
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: jouan2@gmail.com

УДК 669.017:539.213

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И СОЗДАНИЕ МАГНИТОЭКРАНИРОВАННОЙ КАМЕРЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МАГНИТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А.С. Жуков
Научный руководитель – к.т.н. П.А. Кузнецов
(ФГУП ЦНИИ конструкционных материалов «Прометей»)

Введение. Анализ современных тенденций в области изучения влияния физических полей на технические устройства и человека, в частности, влияния магнитного поля Земли, показывает, что наибольшее внимание уделяется поиску оптимальных способов защиты. Это обусловлено рядом факторов, такими как: повышение требований к эксплуатационным характеристикам изделий, решение экономических проблем, ужесточение экологических требований и другими факторами.

Для защиты измерительных приборов от влияния посторонних физических полей их часто помещают в массивные замкнутые оболочки из ферромагнитного материала, традиционным высокоэффективным материалом для экранирования магнитных полей является пермаллой. Однако у таких экранов есть существенные недостатки: высокое значение степени экранирования не сохраняется при механических воздействиях, неизбежно возникающих при изготовлении и монтаже экранирующих конструкций, а также большие габариты и масса экрана накладывают дополнительные требования на инженерные решения при его изготовлении.

Этих недостатков лишены аморфные магнитомягкие сплавы, что подтверждается данными отечественных и зарубежных работ по сравнению с эффективностью экранирования аморфными и кристаллическими магнитомягкими сплавами. На данный момент известно, что аморфные ферромагнетики, полученные в условиях сильного переохлаждения, обладают существенно лучшими функциональными и эксплуатационными характеристиками, чем пермаллой.

Содержательная часть. Целью работы являлось экранирование чувствительного элемента фотоэлектронного спектрометра, разработанного в Институте аналитического приборостроения РАН, от магнитного поля Земли в 100 раз. Необходимо разработать конструкцию экранирующей камеры, провести предварительное компьютерное моделирование и создать натурный образец камеры.

Для достижения поставленной в работе цели решались следующие задачи:

1. ознакомиться со способами обеспечения экранирования статических и переменных магнитных полей;
2. освоить методы и способы расчета эффективности экранирования магнитного поля;
3. выполнить расчет магнитоэкранированной камеры для проведения магниточувствительных исследований на готовой установке (приборе);

4. ознакомиться с технологией создания магнитных экранов на основе лент аморфных магнитомягких сплавов;
5. создать камеру с заданным коэффициентом экранирования поля Земли;
6. измерить распределение индукции магнитного поля внутри камеры;
7. выдать практические рекомендации по использованию камеры.

На базе ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», где проводилось данное исследование, для решения практических задач по экранированию магнитного и электрического полей используется различные сплавы, такие как: 79НМ, 81НМА, АМАГ-172, АМАГ-200, полученные при разных температурных режимах и временах отжига. Данные материалы выпускаются в виде лент, толщиной несколько десятков микрометров и шириной в несколько сантиметров, смотанных в катушки.

Магнитное экранирование осуществляется за счет замыкания силовых линий магнитного поля в толще материала. Коэффициент экранирования зависит от магнитной проницаемости материала экрана и от его геометрических параметров. Следовательно, целесообразно подобрать материал с максимально возможной магнитной проницаемостью. Как видно из рис. 1, зависимость магнитной проницаемости от величины поля носит нелинейный характер. Чтобы определить материал, наилучшим образом удовлетворяющий решению поставленной задачи защиты фотоэлектронного спектрометра от внешнего магнитного поля Земли индукцией 50 мкТл, были проведены расчеты методом конечных элементов с использованием программного комплекса ELCUT, с использованием кривых намагничивания, характерных для каждого материала. Была смоделирована геометрия экранирующей камеры и установлено, что наилучшим образом экранирует магнитное поле Земли сплав АМАГ-172 (рис. 2).

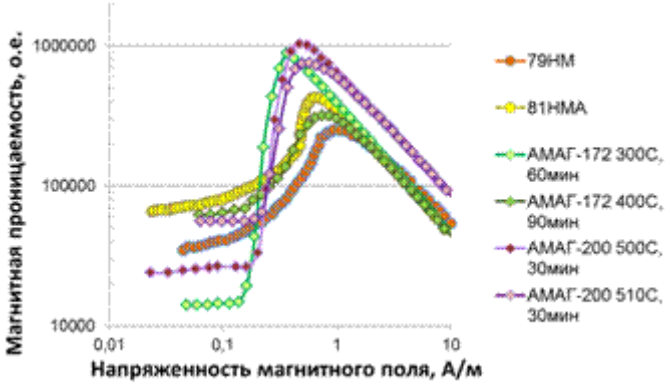


Рис. 1. Связь магнитной проницаемости материалов и параметров магнитного поля

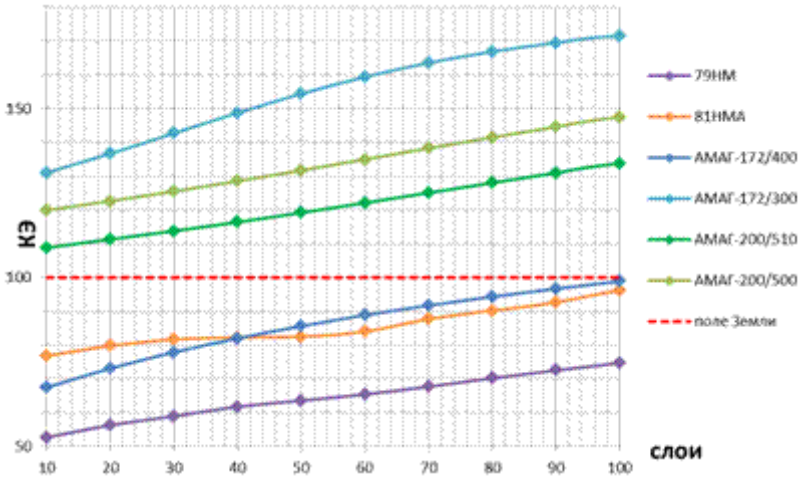


Рис. 2. Выбор экранирующего материала

Была разработана конструкция магнитоэкранированной камеры, позволяющая экранировать магнитное поле Земли в 100 раз – экранирующий цилиндр. Очевидно, наилучшим образом экранируемый прибор был бы защищен, если бы его удалось полностью заключить в объем экранирующего цилиндра. К сожалению, применение такой конструкции в реальных условиях невозможно в связи с наличием проводки к различным элементам экранируемого прибора. По этой причине камера создается без одной стенки в торце. В ходе исследований выяснилось, что это приводит к значительному ослаблению экранирующих свойств. Для решения этой проблемы было произведено удлинение цилиндра (рис. 3).

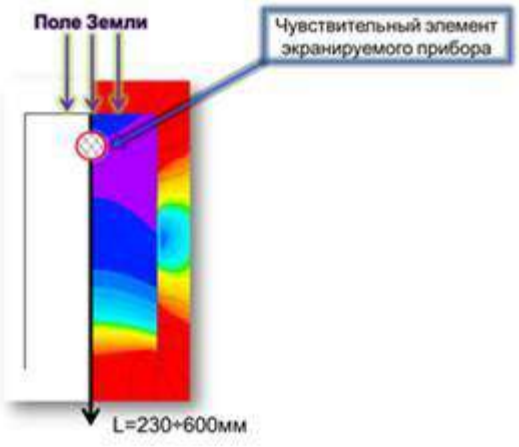


Рис. 3. Экранирующая конструкция

Изготовлено два варианта экранирующей камеры: с экраном из лент АМАГ-172, расположенных кольцами вокруг твердой основы экранирующего цилиндра (рис. 4, а), и экраном из лент, расположенных вдоль оси основы (рис. 4, б).

Измерения распределения индукции магнитного поля проводились с помощью магнитометра МТ-4, произведенного ООО «КРИОМАГ» (г. Санкт-Петербург). Исследования проводились как при горизонтальном, так и при вертикальном положениях экранирующего цилиндра.

а б

Рис. 4. Камера с экраном из лент АМАГ-172: расположенных кольцами вокруг твердой основы экранирующего цилиндра (а); расположенных вдоль оси основы (б)

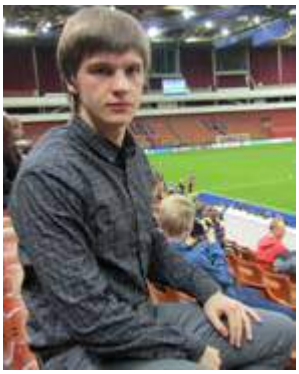
При горизонтальном положении кольцевой камеры требуемое значение индукции магнитного поля легко достигается при использовании всего 3-х слоев экрана. Однако при вертикальном положении значение индукции поля слишком велико. По прогнозам, требуемое значение индукции магнитного поля может быть достигнуто при использовании около 20 слоев экрана. Это нецелесообразно с экономической точки зрения. В случае прямой конструкции, при использовании 12 слоев экрана, требуемое значение индукции достигается при любом положении экранирующей камеры.

Заключение. В случае закрепления спектрометра в горизонтальном положении рекомендовано использовать кольцевую магнитоэкранированную камеру, как наиболее эффективную. При вертикальном положении спектрометра рекомендуется использовать прямую магнитоэкранированную камеру.

По результатам проведенных исследований специалистам Института аналитического приборостроения РАН выдана рекомендация: произвести изменения в конструкции фотоэлектронного спектрометра с целью повышения эффективности его защиты от внешнего магнитного поля Земли.

Литература

1. Кузнецов П.А., Фармаковский Б.В., Толочко О.В., Аскинази А.Ю., Васильева О.В., Песков Т.В. Исследования и разработки в области применения аморфных магнитомягких сплавов для создания магнитных экранов // Вопросы материаловедения. – СПб: ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», 2009. – № 3 (59). – С. 204–216.
2. Seki Y., Kandori A., Suzuki D., Ohnuma M. Open-type magnetocardiograph with cylindrical magnetic shield // Applied Physics Letters. – 1962. – Melville, NY: American Institute of Physics, 2005. – № 86. – P. 243902.
3. Шапиро Д.Н. Электромагнитное экранирование. – Долгопрудный: Интеллект, 2010. – 120 с.
4. Плетнев С.В. Магнитное поле: свойства, применение. – СПб: Гуманистика, 2004. – 624 с.



Захаров Александр Владимирович
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологий,
кафедра технологии приборостроения, группа 6657
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: alexandr.v.zaharov@gmail.com

УДК 66.085.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОТОЛИТОГРАФИИ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ИЗДЕЛИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.В. Захаров
Научный руководитель – к.т.н. С.Ф. Соболев

В работе были проведены исследования технологии фотолитографии высокого разрешения при создании изделий специального назначения, в частности, при создании конструкции чувствительного элемента пьезоэлектрического резонатора с субмикронными размерами электродов встречно-штыревого преобразователя. Исследования проводились согласно тематическому плану на базе ОАО «Авангард». Исследуемая технология фотолитографии обеспечивает возможность воспроизводимого и хорошо контролируемого получения субмикронных размеров элементов (0,5–1,0 мкм) при требуемом качестве межслоевого совмещения и

совместимости с другими технологическими процессами, что является основным требованием, предъявляемым к современным тонкопленочным технологиям [1].

В результате работы было проведено моделирование конструкции чувствительного элемента пьезоэлектрического резонатора, основными конструктивными элементами которого являются встречно-штыревой преобразователь и контактные площадки (рис. 1).

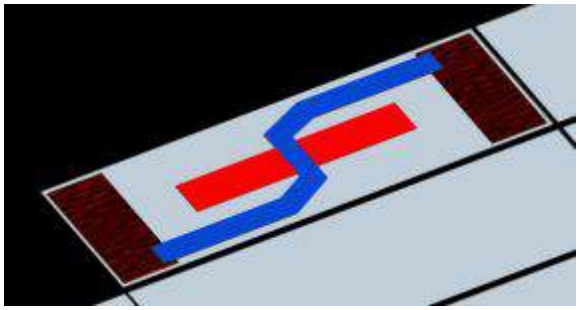
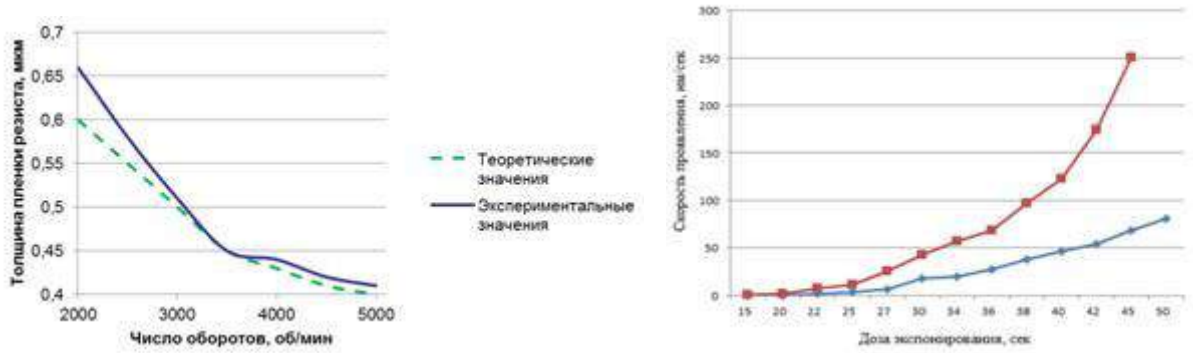


Рис. 1. Модель чувствительного элемента пьезоэлектрического резонатора

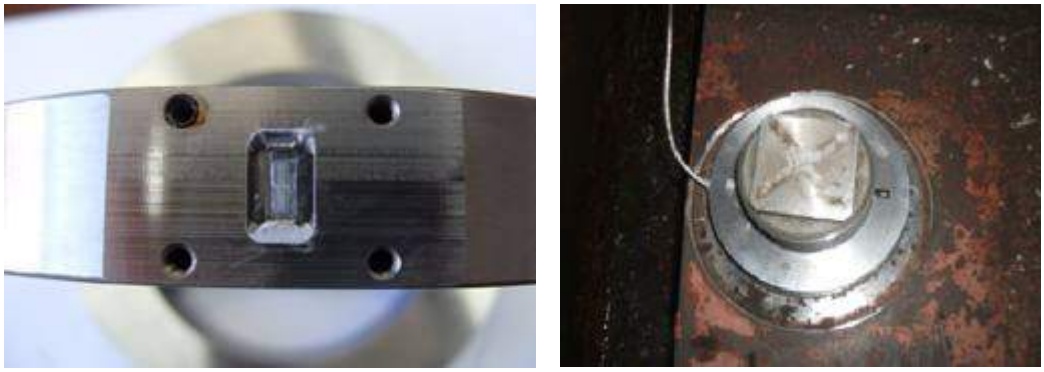
В результате работы были проведены исследования по разработке усовершенствованного технологического процесса изготовления чувствительного элемента пьезоэлектрического резонатора методом «взрывной» фотолитографии. Были получены экспериментальные зависимости толщины резистивного слоя от числа оборотов центрифуги, а также экспериментально доказано влияние внедрения операции постэкспозиционной сушки на параметры изготавливаемого чувствительного элемента (рис. 2) [2].



а б

Рис. 2. Экспериментальная зависимость толщины слоя резиста от числа оборотов центрифуги (а) и влияние постэкспозиционной сушки на скорость проявления резиста (б)

Результатом исследований явились разработка усовершенствованного технологического процесса и изготовление чувствительного элемента пьезоэлектрического резонатора с субмикронными размерами электродов встречно-штыревого преобразователя по данному технологическому процессу [3]. Изготовленные по усовершенствованной технологии чувствительные элементы нашли применение в сило-измерительных шайбах (СИШ) – датчиках деформации, которые предназначены для контроля нагрузок, испытываемых крепежными элементами оборудования гидроэлектростанций (рис. 3).



а б

Рис. 3. Чувствительный элемент пьезоэлектрического резонатора, встроенный в СИШ (а) и СИШ, установленная на крышке турбины Саяно-Шушенской ГЭС (б)

Литература

1. Моро У. Микролитография: Принципы, методы, материалы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 1240 с.
2. Захаров А.В., Пинаев В.В. Анализ и выбор альтернативных фоторезистов для изготовления акустоэлектронных изделий // Сборник докладов V научно-технической конференции молодых специалистов по радиоэлектронике. – СПб: «Аграф+», 2012. – С. 134.
3. Захаров А.В. Технология фотолитографии субмикронного разрешения при изготовлении встречно-штыревых преобразователей акустоэлектронных приборов // Сборник научных трудов аспирантов, соискателей и студентов магистерской подготовки ОАО «Авангард». – СПб, 2011. – Вып. 3. – С. 99–106.

Киприянов Кирилл Васильевич
Год рождения: 1987
Факультет точной механики и технологий, кафедра технологии приборостроения, группа 6656
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: kinnder@mail.ru

УДК 65.011.56

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА СИНТЕЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

К.В. Киприянов
Научный руководитель – к.т.н., доцент Б.С. Падун

Работа выполнена в рамках проекта учебно-научной лаборатории автоматизации сборки оптических изделий и узлов. Линия сборки предназначена для проведения исследований по проблеме автоматизации изготовления точных приборов и рассматривается как прототип будущей производственной линии сборки микрообъективов и их компонентов.

При функционировании линии сборки возникает задача проектирования единичных технологических процессов на основе типового. Единичный технологический процесс проектируется для поступающих деталей на основе

виртуальной сборки. Заданием на магистерскую работу было разработать методику проектирования технологических процессов, а также программное обеспечение для реализации предлагаемого алгоритма.

В качестве способа проектирования использовался синтез технологических процессов из элементов аналогов. За основу предлагаемого метода проектирования взято утверждение, что технологический процесс представляет собой последовательность действий одних объектов над другими, в результате которых объекты переходят из одного состояния в другое. Предлагается в предметной области выделять следующие понятия: объект, действие, состояние, параметр, правило перехода. Для технологической системы линии сборки объектами являются устройства, расположенные на ней, а также детали, поступающие на сборку. Действиями являются операции, выполняемые устройствами. При этом в зависимости от уровня декомпозиции, под операцией может подразумеваться технологический переход, технологическая операция и технологический процесс. Состояниям объектов соответствуют их качественные характеристики и относительное расположение друг относительно друга. Параметрами являются количественные характеристики. Под правилом перехода подразумевается совокупность объектов и их состояний, действий, которые могут быть выполнены, и состояний в которые перейдут объекты. Заданием на проектирование является начальное и конечное состояния технологической системы. В процессе проектирования осуществляется поиск правил переходов, приводящих систему в требуемое состояние. Найденная последовательность правил переходов после оптимизации является технологическим процессом, вывод которого из модуля проектирования осуществляется в xml-документ.

В рамках магистерской диссертации была предложена методика проектирования технологических процессов. Разработаны структуры баз данных, программное обеспечение и структура xml-документа. Дальнейшим направлением развития является расширение применимости алгоритма для других предметных областей и соответствующая модификация программного обеспечения.

Литература

1. Митрофанов С.П., Куликов Д.Д., Миляев О.Н., Падун Б.С. Технологическая подготовка гибких производственных систем. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. – 352 с.
2. Потапов А.С. Технологии искусственного интеллекта. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 218 с.

Киселев Илья Алексеевич
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологии,
кафедра технологии приборостроения, группа 6659
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: ikiselev7@gmail.com

УДК 681.2:621-034

РЕГУЛЯРИЗАЦИЯ МИКРОРЕЛЬЕФОВ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ПРИБОРОВ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ

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

Характер взаимодействия поверхностей деталей приборов с твердыми телами, жидкостями и газом во многом определяет их эксплуатационные свойства. Микрогеометрия поверхности – один из показателей качества поверхности, как известно от него зависит более 20 эксплуатационных свойств изделий. Регуляризация микрорельефов поверхностей является одной из технологий управления микрогеометрией поверхности и повышения эксплуатационных характеристик деталей приборов. Данный метод является хорошо изученным и достаточно давно применяется на практике. Большой объем работ по данной тематике был проведен Ю.Г. Шнейдером и его учениками, которые использовали способы финишной обработки давлением. Также имеются зарубежные работы, посвященные данному вопросу, которые начали развиваться позднее, однако имеют столь же широкое применение, при этом использовались другие способы регуляризации микрорельефов. За рубежом данные технологии называются текстурированием поверхностей (англ. surface texturing). Одна из них – лазерное текстурирование поверхностей.

Лазерное текстурирование поверхностей изучается с середины 90-х г.г. XX в. Данный способ находит применение в различных сферах для обеспечения различных эксплуатационных свойств изделий и продолжает бурно развиваться. Очевидно, что многие преимущества данной технологии определяются преимуществами лазерной обработки вообще: высокой производительностью, точностью и обработкой практически любых материалов. В связи с этим изучение и применение данного способа является актуальным и для российской промышленности и науки.

Целью работы являлось изучение зарубежного опыта в текстурировании поверхностей, а также изучение возможностей использования лазерных комплексов с волоконными лазерами и сканирующей гальванометрической оптикой для лазерного текстурирования поверхностей. Этот вопрос актуален и для зарубежных исследователей, поскольку волоконные лазеры используемого типа ранее не применялись для данных работ, кроме того, новой является предложенная автором методика обработки.

В соответствии с этой целью были поставлены следующие задачи:

1. привести примеры и выполнить анализ существующих способов регуляризации поверхностей деталей приборов;
2. описать способ лазерного текстурирования поверхностей. Привести сферы применения, примеры использования;
3. модернизировать способ лазерного текстурирования поверхностей на комплексе с волоконным лазером и сканирующей гальванометрической оптикой;

4. провести экспериментальное исследование зависимости критериев оценки микрорельефа от режимов обработки;
5. по результатам эксперимента и описанию работы установки разработать способы обеспечения качества микрорельефов.

Интерес к текстурированию все больше поднимается со стороны исследователей. Было установлено как минимум три сферы, где текстурирование уже нашло себе применение, и возможно, что это еще не все. Текстурирование называют новой «парадигмой», хотя до нас регуляризация микрорельефов была изучена раньше и уже нашла множество применений.

Наиболее быстроразвивающейся технологией является лазерное тексурирование поверхностей, ввиду своей производительности, возможности обработки различных материалов и маложестких конструкций. Вопрос о применении волоконных лазеров со сканирующими системами контроля луча ранее не рассматривался.

Предложен метод, позволяющий существенно повысить производительность процесса лазерного текстурирования. Совокупно с другими возможностями и достоинствами данного оборудования получается экономически выгодная технология обработки.

В ходе работы была доказана возможность обеспечения на данном лазере как минимум изготовления деталей узлов с применением эффекта гидродинамического подшипника, что позволяет проводить экспериментальные работы по разработке новых узлов трения скольжения.

Сделаны замечания по конструкции комплекса и приведены способы повышения как производительности, так и качества поверхности.

На основании проведенных экспериментов построена методика обеспечения параметров микрорельефа, сделан вывод о необходимости применения непараметрических критериев оценки микрогеометрии поверхности.

Дальнейшие возможные направления исследования: более глубокие исследования механизмов функционирования поверхностей лазерного текстурирования в узлах приборов.

Литература

1. Etsion I. State of the art in laser surface texturing // Tribology Transactions. – 2005. – V. 127. – № 1. – P. 248–253.
2. Шнейдер Ю.Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 264 с.
3. Wang X., Yu H., Huang W. Surface texture design for different circumstances // TriboBR. – 2010. – P. 97–107.
4. Hoppermann A., Kordt M. Tribological Optimisation Using Laser-Structured Contact Surfaces // Oelhydraulik und Pneumatik. – 2002. – № 46 (4).
5. Вейко В.П., Петров А.А. Опорный конспект лекций по курсу «Лазерные технологии». Раздел: Введение в лазерные технологии. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 143 с.
6. Официальный сайт Центра лазерных технологий [Электронный ресурс]. – http://www.ltc.ru/, свободный. Яз. рус. (дата обращения:15.04.2012).
7. Ryk G., Kligerman Y. and I. Etsion. Experimental Investigation of Laser Surface Texturing for Reciprocating Automotive Components // Tribology Transactions. – 2002. – V. 45. – № 4. – P. 444–449.
8. Мусалимов В.М., Валетов В.А. Динамика фрикционного взаимодействия. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 191 с.

Красиков Антон Дмитриевич
Год рождения: 1988
Гуманитарный факультет, кафедра прикладной экономики и маркетинга, группа 6074
Направление подготовки:
080500 Бизнес-информатика
e-mail: katafrakt@rambler.ru

УДК 535-1/-3

РАЗВИТИЕ ЕДИНОГО КОРПОРАТИВНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА НА БАЗЕ БИЗНЕС-АНАЛИТИКИ

А.Д. Красиков
Научный руководитель – к.э.н., доцент П.В. Бураков

Введение. Как правило, ошибки в управлении корпорацией или задержки в принятии решения возникают из-за несвоевременного поступления оперативной информации, необходимой как для принятия решений внутри корпорации, так и для взаимодействия с распределенными офисами и бизнес-партнерами.

Основная цель при создании единого корпоративного информационного пространства (ЕКИП) компании – организация для каждого пользователя единой платформы для получения разнообразной информации из различных корпоративных источников данных. Это позволяет объединить, структурировать и обеспечить функционирование и развитие ЕКИП, т.е. сбор, обработку, хранение, распространение, поиск и передачу информации.

Содержательная часть. Целью работы являлось развитие ЕКИП за счет внедрения в корпоративную информационную систему инструментов бизнес-аналитики (BI).

Системы BI предоставляют оперативный мониторинг деятельности компании, позволяя:

- составлять детализированные, оперативные отчеты о деятельности компании;
- в наглядной форме анализировать большие объемы информации, эффективно прогнозировать, планировать и принимать верные бизнес-решения;
- внедрять системы поощрения сотрудников по результатам работы;
- видеть и анализировать результаты работы компании в оперативном режиме;
- компания получает единую версию правдивых бизнес-данных;
- сотрудники компании получают возможность анализировать свою работу в знакомом интерфейсе.

Все эти возможности позволяют принимать обоснованные стратегические решения, видеть результаты работы каждого сотрудника и компании в целом, а также сокращают время на подготовку и анализ отчетов.

Поставленная в работе цель обусловила необходимость решения следующих задач.

1. Исследование современных задач и особенностей единого корпоративного информационного пространства.
2. Исследование задач, стоящих перед современными корпоративными информационными системами, описание их видов, методов проектирования.
3. Исследование понятия «бизнес-аналитика», определение целей, средств, основных принципов применения данного инструментария в корпоративных информационных системах.

4. Разработка проекта внедрения инструментов бизнес-аналитики в корпоративную информационную систему Управления Федерального казначейства по г. Санкт-Петербургу, организация аналитического портала, сюда включается построение витрины данных, развертывание OLAP-куба, разработка инструментов доставки аналитической информации пользователям.
5. Расчет смет и затрат и определение целесообразности внедрения инструментов бизнес-аналитики, оценка степени повышения эффективности после внедрения.

Объектом исследования являлось государственное учреждение – Управление Федерального казначейства по г. Санкт-Петербургу (далее – Управление).

Предметом исследования выступали инструменты и технологии бизнес-аналитики, а также анализ возможностей повышения эффективности работы ЕКИП организации в целом, его развития за счет внедрения данных перспективных технологий.

Научная новизна работы заключалась в реализации средствами бизнес-аналитики возможностей максимально полного использования интеграции бизнес-процессов организации, обеспечении ее намного более эффективного функционирования, прозрачности и согласованности деятельности посредством оперативного отчуждения и обобществления информации каждого сотрудника о выполняемой работе и принимаемых решениях. При этом сотрудники получают больше возможностей по формированию адекватной реакции на меняющуюся ситуацию, выявление узких мест производства, неэффективности операций и т.п.

Таким образом, в результате, менеджмент на всех уровнях получает систему поддержки принятия решений, используя которую возможно получение максимального количества оперативной, актуальной информации, намного более эффективно действуя внутри ЕКИП организации.

Практическая значимость исследования заключается в прикладном характере разработанного аналитического портала, который предоставляет следующую оперативную аналитическую информацию:

- сколько всего электронного документооборота (ЭД) «Уведомление об уточнении вида и принадлежности платежа» получено в Управлении;
- сколько ЭД «Уведомление об уточнении вида и принадлежности платежа» получено от конкретной организации;
- количество полученных документов с группировкой по транспортным статусам;
- количество полученных документов с группировкой по коду участника бюджетного процесса;
- полное наименование и уникальный идентификатор ЭД для быстрого поиска документа по базе данных в тех случаях, когда требуется более детальный анализ документа.

Разработанный портал получил фактическое применение в Управлении и позволяет заранее диагностировать проблемы функционирования системы ЭД и оперативно принимать управленческие решения по их своевременному устранению.

Единое информационное пространство представляется как «совокупность баз и банков данных, технологий их ведения и использования, информационно-телекоммуникационных систем и сетей, функционирующих на основе единых принципов и по общим правилам, обеспечивающим информационное взаимодействие организаций и граждан, а также удовлетворению их информационных потребностей».

Назначение ЕКИП состоит в обеспечении эффективного функционирования корпорации, прозрачности и согласованности деятельности посредством оперативного отчуждения и обобществления информации каждого сотрудника о выполняемой работе и принимаемых решениях. При этом сотрудник получает больше возможностей по формированию адекватной реакции на меняющуюся ситуацию, на изменение

рыночного спроса и конъюнктуры, выявлению узких мест производства, неэффективности операций и т.п.

Информационно-аналитический портал представляет собой инструмент, позволяющий пользователям производить мониторинг текущей производственной, инвестиционной и финансово-экономической ситуации в компании. Это позволяет аналитикам исследовать данные под любым углом зрения, обеспечивая реальное многоуровневое видение текущего и целевого состояния организации в разные моменты времени.

Использование информационно-аналитического портала не только в качестве информационного представительства предприятия, но и как активного инструмента внутрифирменного управления предполагает создание на данном предприятии интегрированного решения на основе передовых web-технологий, обеспечивающих оперативный и удобный доступ пользователей ко всей необходимой информации.

Заключение. Внедренный в эксплуатацию инструментарий формирования и постоянного ведения аналитической отчетности не требует дополнительного высокостоимостного серверного оборудования и функционирует на уже имеющихся в Управлении серверах баз данных с системой управления базами данных (СУБД) SQL Server 2005. Доступ к отчетам организован по URL-ссылке и возможен с любого рабочего места в локальной сети Управления, что дополнительно повышает удобство и эффективность использования, дает возможность анализировать статистическую информацию не только администраторам СУБД и сотрудникам отдела информационных систем, но и пользователям, чья работа связана с системой электронного документооборота и требует предоставления такой информации. Также доступ по URL-ссылке исключает необходимость обращения к бумажному носителю, и оптимизирует процессы внутреннего документооборота Управления.

Литература

1. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.В. Интеллектуальные информационные системы: Учебник для вузов по специальности «Прикладная информатика в экономике». – М.: Финансы и статистика, 2004. – 424 с.
2. Борисов Д.Н. Корпоративные информационные системы: Учебно-методическое пособие. – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2007. – 98 с.
3. Основы построения виртуальных частных сетей: Учебное пособие для вузов по специальностям 075200 – Компьютерная безопасность и 075500 – Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем / С.В. Запечников, Н.Г. Милославская, А.И. Толстой. – М.: Горячая Линия-Телеком, 2003. – 249 с.
4. Лукьянов Д.Б., Прокопенко А.Н. Информатика и математика. Курс лекций. – Белгород: ООНИ и РИД БелЮИ МВД России, 2004. – С. 106–140.
5. Рындин А.А. и др. Проектирование корпоративных информационных систем. – Воронеж: Кварта, 2003. – 319 с.
6. Столингс В. Современные компьютерные сети. – 2-е изд. – СПб: Питер, 2003. – 783 с.
7. Хансен Г. Базы данных. Разработка и управление / Г. Хансен. – М.: БИНОМ, 1999. – 704 с.
8. Корнеев В.В., Гареев А.Ф., Васютин С.В., Райх В.В. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации. – М.: Нолидж, 2001. – 486 с.

9. Том Салливан. Данных – больше, доступ – лучше [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.osp.ru/cw/2001/38/44889/, своб.
10. Kimball R. The Data Warehouse Toolkit: Practical Techniques for Building Dimensional Data Warehouses. – New York: John Willey & Sons, 1996. – 525 p.
11. Thomsen E. OLAP Solutions: Building Multidimensional Information Systems. – Wiley Computer Publishing, 1997. – 576 p.
12. Спирли Э. Корпоративные хранилища данных. Планирование, разработка, реализация: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2001. – Т. 1. – 480 с.
13. Архипенков С., Голубев Д., Максименко О. Хранилища данных. От концепции до внедрения. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 850 с.
14. Дюк В.В., Самойленко А.Н. Datamining: Учебный курс. – СПб: Питер, 2001. – 470 с.
15. Дрезнер Х., Хостманн Б. и Ф. Байтендийк. Вниманию руководства: Обновленные Волшебные Квадраты Gartner для систем интеллектуальной поддержки бизнеса. – Inside Gartner Group, 2003, февраль.
16. Liautaud B., Hammond M. e-Business Intelligence: Turning Information into Knoledge into Profit. – McGraw-Hill, 2001. – 1210 p.
17. Комафорд К. Корпоративная отчетность: Серверная архитектура для распределенного доступа к информации. – Открытые системы. – 1999. – 150 с.
18. Салливан Т. Это надо рисовать: Программное обеспечение анализа данных становится более выразительным // ComputerWorld Россия, 2000. – № 42.
19. Приказ Федерального казначейства от 3 марта 2011 г. № 58 «Об организационно-штатной структуре Управлений Федерального казначейства по субъектам Российской Федерации».
20. Положение о Федеральном казначействе в ред. Постановления Правительства РФ от 11.11.2006. № 669.

Миляева Елена Геннадьевна
Год рождения: 1989
Институт холода и биотехнологий, факультет экономики и экологического менеджмента, кафедра экономики промышленности и организации производства, группа 6ПМ
Направление подготовки:
080200 Менеджмент
e-mail: ramses-iii@yandex.ru

УДК 65

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ РЕКЛАМОЙ ПИЩЕВЫХ ТОВАРОВ

Е.Г. Миляева
Научный руководитель – д.э.н., профессор И.С. Минко

Работа выполнена в рамках инициативных и других работ творческого характера.

В работе содержатся результаты анализа литературы, посвященной рекламной деятельности и управлению ею.

Работа нацелена на совершенствование управления рекламой пищевых товаров. Большое внимание уделено значению, производству и потреблению пищевых продуктов в России и в мире.

Исследованы вопросы полезности и качества пищевых товаров, отношение потребителя к ним. Проанализированы тенденции спроса на рынках пищевых товаров, теории и практики организации рекламной деятельности.

Разработаны мероприятия по совершенствованию управления этой деятельностью на предприятии пищевой промышленности. Предлагаемые мероприятия по оценкам экспертов могут повысить объем продаж в 1,5–2 раза.

Литература

1. Багиев Г.Л., Тарасевич В.М., Анн Х. Маркетинг. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Экономика, 2001. – 718 с.
2. Котлер Ф., Армстронг Г., Сондерс Д., Вонг В. Основы маркетинга: Пер. с англ. – 2-е европ. изд. – М.: Вильямс, 2001. – 896 с.
3. Кругляков Г.Н., Круглякова Г.В. Товароведение продовольственных товаров. – М., 1999. – 479 с.
4. Марочкина С.С., Дмитриева Л.М., Азарова Е.В. Введение в специальность. Реклама. – М.: Юнити-Дана, 2009. – 240 с.
5. Минко И.С. Маркетинг в пищевой промышленности: Учебное пособие. – СПб: СПбГУНиПТ, 2005. – 111 с.

Осетрова Татьяна Александровна
Год рождения: 1989
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра информационных систем, группа 6520
Направление подготовки:
080500 Бизнес-информатика
e-mail: tatiana.osetrova@gmail.com

УДК 651.011.42

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОКУМЕНТАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ В ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНАХ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ВЛАСТИ

Т.А. Осетрова
Научный руководитель – к.п.н., доцент А.В. Маятин

В настоящее время, в результате проведения частичной автоматизации деятельности исполнительных органов государственной власти, специалистами государственной службы в повседневной деятельности используются как механизмы, ориентированные на бумажную форму представления информации, так и более современные механизмы, продиктованные внедрением средств компьютерной техники. Отсутствие комплексности процедур перехода к новой форме организации работы, а также затруднения с внесением изменений в регулирующую процессы документацию могут привести к негативным последствиям, выраженным, в частности, в повышении загруженности сотрудников и нарушении целостности информации. На фоне перечисленных факторов особо актуальной становится рассматриваемая в работе оценка эффективности документационного обеспечения (ДО) с целью последующего выявления возможностей ее повышения.

Вследствие отсутствия общепринятых механизмов оценки эффективности ДО, адаптированных для индивидуальных особенностей исполнительных органов государственной власти, для формирования методики оценки эффективности в работе были рассмотрены принципы, предложенные разработчиками COBIT (цели контроля при использовании информационных технологий), сбалансированной системы показателей эффективности (BSC), а также Комитета организаций-спонсоров Комиссии Тредвея (The Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission – COSO). В рамках проведения исследования был сформирован ряд количественных показателей для оценки эффективности ДО по различным критериям. Для анализа деятельности исполнительного органа государственной власти в работе используются графические модели организационной структуры, процессной структуры, а также модель информационного взаимодействия участников процессов исполнения и контроля исполнения государственных функций.

Разработанная методика была применена для оценки эффективности ДО системы контроля исполнения в администрациях двух районов Санкт-Петербурга. Апробирование методики позволило сформировать ряд рекомендаций по улучшению ДО системы контроля исполнения государственных функций в администрациях двух районов Санкт-Петербурга.

Литература

1. Каплан Р., Нортон Д. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию. – М.: Олимп-Бизнес, 2003. – 304 с.
2. Ольве Н., Рой Ж., Веттер М. Оценка эффективности деятельности компании. Практическое руководство по использованию сбалансированной системы показателей. – М.: Вильямс, 2003. – 291 с.
3. Internal Control – Integrated Framework // Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission, 1992.
4. Вдовин И.М. COBIT 4.1: Пер. с англ. //Аудит и контроль информационных систем, 2008. – 240 с.
5. Guidance on Monitoring Internal Control Systems // Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission. – 2008. – V. II.

Паргаманина Екатерина Андреевна
Год рождения: 1982
Институт холода и биотехнологий, факультет экономики и экологического менеджмента, кафедра экономики и финансов, группа 6ФМ
Направление подготовки:
080200 Менеджмент
e-mail: top_82@mail.ru

УДК 339.13.027

ФОРМЫ И МЕТОДЫ ФИНАНСОВОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРЕДПРИЯТИЙ МАЛОГО БИЗНЕСА

Е.А. Паргаманина
Научный руководитель – д.э.н., профессор Н.А. Василенок

Актуальность темы работы. Малые предприятия являются неотъемлемой частью современных экономических систем, обеспечивая ключевую роль в совокупности мероприятий по достижению устойчивого развития и роста экономики, высокого уровня конкуренции, инновационно-технологического прогресса, а также социального благополучия государства.

На современном этапе малый бизнес играет заметную роль в экономике многих промышленно развитых странах. Так, в сфере малого предпринимательства производится: 63,4% валового внутреннего продукта (ВВП) в Великобритании; 48,2% – в Японии; 41% – в США; 20% – в России; и соответственно обеспечивается рабочими местами 81% трудоспособного населения в Японии; 69,5% – в Великобритании; 54% – в США; 16,7% – в России.

Вместе с тем, в Российской Федерации (РФ) развитие малого предпринимательства осуществляется медленными темпами, а эффективность их деятельности низка. Так, если в 2000 г. в России насчитывалось 879 тыс. малых предприятий, то к 2012 г. их число увеличилось до 1 032,8 тыс., или всего на 17,5%; более 28% предприятий малого бизнеса являются убыточными; рентабельность продаж составляла в 2010–2011 гг. 2,2%. В целом вклад российских малых предприятий в ВВП составил в 2011 г. только 16,8%, а количество занятых в этом секторе находилось на уровне 19,3% от всего экономически активного населения страны, что свидетельствует о недостаточном развитии этого сектора экономики.

При этом проблемы развития малого бизнеса отражают затянувшийся процесс формирования финансовых механизмов поддержки этой сферы рыночных отношений, а также некомплексность и непоследовательность в использовании форм и методов финансовой поддержки малых предприятий. Одним из направлений по обеспечению развития малого бизнеса в РФ является повышение эффективности его финансовой поддержки на основе реализации системного подхода при использовании зарубежного опыта, что и определяет актуальность темы работы.

Степень изученности проблемы. Теоретической основой работы послужили работы Е.П. Губина, В.А. Кардаша, В.Ю. Катасонова, В.И. Кушлина, Ю.Н. Попова, А.М. Пяткина, Б.А. Райзберга, К.В. Рудого, М. Савченко, В.К. Сенчагова, Б.И. Соколова, в которых проанализированы финансовые и экономические проблемы формирования и развития рыночной экономики в РФ.

Важный вклад в разработку теоретических и практических вопросов управления финансами предприятий внесли такие российские ученые как И.Т. Балабанов, В.В. Бочаров, О.В. Гончарук, В.Я. Горфинкель, Е.В. Гражданкина, Л.С. Гринкевич, Н.В. Журавлева, Л.В. Ивина, А.Т. Каржаев, А.И. Каширин, АМ. Ковалева, Ю.В. Мардаровская, А.Г. Медведев, А.Н. Михайлушкин, С.Р. Моисеев, И.А. Никонова, Ю.В. Новиков, В.П. Попков, М.В. Романовский, В.П. Семенов, Я.В. Сергиенко, И.П. Скобелева, Ю.Н. Тронин, А.В. Федоров, Г.Г. Фетисов, П.Д. Шимко.

Вопросы, освещающие теоретические и практические аспекты налогообложения сектора малого предпринимательства, рассмотрены в трудах Н.В. Абрамовой, Н.А. Адамова, М.В. Багаевой, В.С. Барда, Т.Н. Беликовой, М.В. Выскваркиной, И.Е. Данилиной, В.С. Кабакова, А.В. Касьянова, В.В. Карпова, Д.В. Кислова, С.Ю. Кузнецовой, Ю.А. Лукаша, М.А. Петрова, О.В. Рожновой, Д.В. Шопенко, И.А. Феоктистова.

Результаты исследований в области финансово-кредитной поддержки субъектов малого предпринимательства и налогообложения опубликованы в трудах таких ученых, как: Г. Акваези, И.М. Александрова, А.М. Балтиной, М. Блайни, М. Деррегиа, Н.Б. Ермасова, Л. Ллойд-Риазон, А. Мелвилл, Х. Тероака, Н.Н. Тютюрюкова, Ч. Харви.

В целом, изучение источников по теме исследования показало, что вопросам комплексного использования форм и методов финансовой поддержки предприятий малого бизнеса в условиях рыночной экономики с учетом современного зарубежного опыта, в том числе на региональном уровне, уделено недостаточное внимание, что определило выбор цели и задач работы.

Цель и задачи работы. Целью работы являлась разработка и научное обоснование методических положений по совершенствованию форм и методов финансовой поддержки сектора малого бизнеса в России.

Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие задачи:

- выявлены тенденции и особенности развития малых предприятий России, определена их роль в экономике страны;
- обобщена совокупность элементов системы финансовой поддержки малого бизнеса;
- проанализирована эффективность методов финансовой поддержки малого предпринимательства;
- предметом исследования явились финансовые отношения в сфере стимулирования развития предприятий малого бизнеса.

Объектом исследования в работе были представлены малые предприятия.

Теоретическую и методологическую основу работы составили труды отечественных и зарубежных ученых и специалистов, посвященные организационным, правовым и экономическим проблемам финансирования, кредитования и налогообложения малых предприятий РФ, в том числе государственных и негосударственных органов РФ: Центрального банка РФ, Управления федерального министерства налоговой службы, Федеральной службы государственной статистики.

Для решения поставленных задач применялись методы группировки, сравнения и обобщения, анализа и синтеза, индукции и дедукции, системного анализа.

Научная новизна результатов работы заключается в следующем:

- уточнены роль и место малых предприятий в условиях функционирования экономики, что позволяет обеспечить научно разработанный подход к изучению форм и методов финансовой поддержки сектора малого предпринимательства;
- раскрыто содержание и предложена классификация современных форм и методов финансовой поддержки субъектов малого предпринимательства;

– выявлена степень влияния реформирования системы налогообложения, национальных инструментов финансовой поддержки сектора малого бизнеса на показатели его деятельности и на макроэкономические показатели;
– предложены направления совершенствования финансовой поддержки малого предпринимательства, в условиях реализации концепции развития субъектов малого предпринимательства.

Практическая значимость результатов исследования состоит в том, что методические положения, практические рекомендации и выводы, изложенные в работе, могут быть использованы органами власти и управления, при разработке мероприятий по повышению эффективности функционирования субъектов малого предпринимательства.

В условиях глобализации необходимость обеспечения гибкости и адаптации экономики к динамично изменяющимся параметрам ее функционирования в значительной степени обусловлена уровнем развития малого предпринимательства.

Проведенный анализ особенностей развития малого бизнеса в России позволил сделать следующие выводы:
– малые предприятия являются самой распространенной формой организации бизнеса в России;
– ключевую роль в обеспечении развития малого бизнеса отводится мерам государственной финансовой поддержки этого сектора экономики;
– субъекты малого бизнеса обеспечивают значительный вклад в достижение устойчивого развития экономики и высоких стандартов уровня жизни населения;

В работе, на основе проведенного анализа, определена совокупность основных форм и методов финансовой поддержки сектора малого бизнеса.

Показано, что формы финансовой поддержки определяют особенности реализации ее методов. Предложенные классификации форм и методов позволяют формировать механизм финансовой поддержки субъектов малого предпринимательства в зависимости от:
– субъекта реализации и вида оказываемой им поддержки;
– уровня власти и института формирования направлений поддержки;
– отрасли специализации или направления деятельности малых предприятий.

Литература

1. Лапуста М.Г. Малое предпринимательство: Учебник. – М.: Инфра, 2010. – 683 с.
2. Бляхман Л. Предпринимательство в России. Экономика и организация. – СПб: СПбГУ, 1995. – 435 с.
3. Гусева Т.А., Гришина К.В., Леташова И.С. Руководство по организации малого и среднего бизнеса: Правовые аспекты. – М.: Деловой двор, 2010. – 80 с.
4. Щетинин О. Развитие малого бизнеса в России. – М.: Сфера, 2007. – 370 с.

Пузанова Ирина Викторовна
Год рождения: 1988
Гуманитарный факультет, кафедра прикладной экономики и маркетинга, группа 6074
Направление подготовки:
080500 Бизнес-информатика
e-mail: irina@ods-dance.ru

УДК 009

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОРПОРАТИВНОГО IT-АУДИТА

И.В. Пузанова
Научный руководитель – к.э.н., доцент П.В. Бураков

Введение. Развитие бизнеса в России редко ставится в зависимость от уровня развития информационных технологий в компании, что очень часто связано с отсутствием понимания преимуществ, создаваемых при использовании информационных систем управления предприятием. IT-аудит и является тем средством, которое позволяет «открыть глаза» на истинное предназначение технологий и положение дел в организации, оптимизировать работу IT-инфраструктуры.

Целью работы стала разработка методики корпоративного IT-аудита для оценки текущего состояния IT-инфраструктуры и соответствия ее потребностям бизнеса.

Научная новизна работы заключается в комплексном исследовании относительно малоразработанных в отечественной профессиональной литературе методологических и методических основ одного из современных методов корпоративного управления – IT-аудита.

Содержательная часть. Были поставлены следующие задачи:

- выявить и определить потребность в услуге IT-аудита в настоящее время;
- проанализировать предложение на рынке услуг по IT-аудиту в России;
- провести сравнительный анализ российского и международного законодательного и нормативного регулирования IT-аудита;
- разработать методическое обеспечение для проведения IT-аудита на предприятии на основе действующих стандартов и технологий для дальнейшей интеграции его в систему корпоративного управления предприятием;
- разработать рекомендации по внедрению системы IT-аудита в систему внутреннего аудита компании.

Объект исследования – IT-инфраструктура компании.

В процессе исследования автором получены и выносятся на защиту следующие результаты, отвечающие требованиям новизны:

- обоснована необходимость проведения регулярного IT-аудита большинством крупных российских компаний;
- исходя из выявленного в ходе исследования возрастания роли IT-аудита в предоставлении внешним пользователям достоверной информации о состоянии IT-инфраструктуры предприятия, автором предложена методика корпоративного IT-аудита, основанная на современных лучших практиках и стандартах в этой области;
- разработаны и адаптированы к реальным условиям деятельности предприятий рекомендации по организации IT-аудита;
- предложена методика формирования плана проведения IT-аудита на основе экспертной оценки уровня зрелости IT-процессов или анализа рисков.

Необходимо понимать, что IT-аудит, как услуга, стал выделяться из системы внутреннего аудита лишь в последнее десятилетие. Даже зрелые компании могут к нему не прибегать. Большинство российских компаний, предлагающих эту услугу, воспринимают его как инвентаризацию имеющегося оборудования и программного обеспечения, проверку надежности систем и анализ информационной безопасности. В Российской Федерации нет и литературных источников, затрагивающих данную проблему. В зарубежной практике этой теме уделено больше внимания. Существует ряд международных стандартов, регламентирующих отдельные аспекты деятельности IT-инфраструктуры, в частности, информационную безопасность. Подходы к IT-аудиту изложены также в собрании лучших практик по управлению информационными технологиями (ИТ), таких как COBIT (Control Objectives for Information and Related Technology) и ITIL (Information Technology Infrastructure Library). К сожалению, на русский язык было переведено лишь четвертое издание томов COBIT, которые представляют собой пакет открытых документов, около 40 международных и национальных стандартов и руководств в области управления ИТ, аудита и IT-безопасности. Русской версии библиотеки ITIL пока не появилось.

На рисунке представлена разработанная автором методика IT-аудита, которая позволит компании взглянуть на свою систему IT-управления через призму международных стандартов и практического опыта.

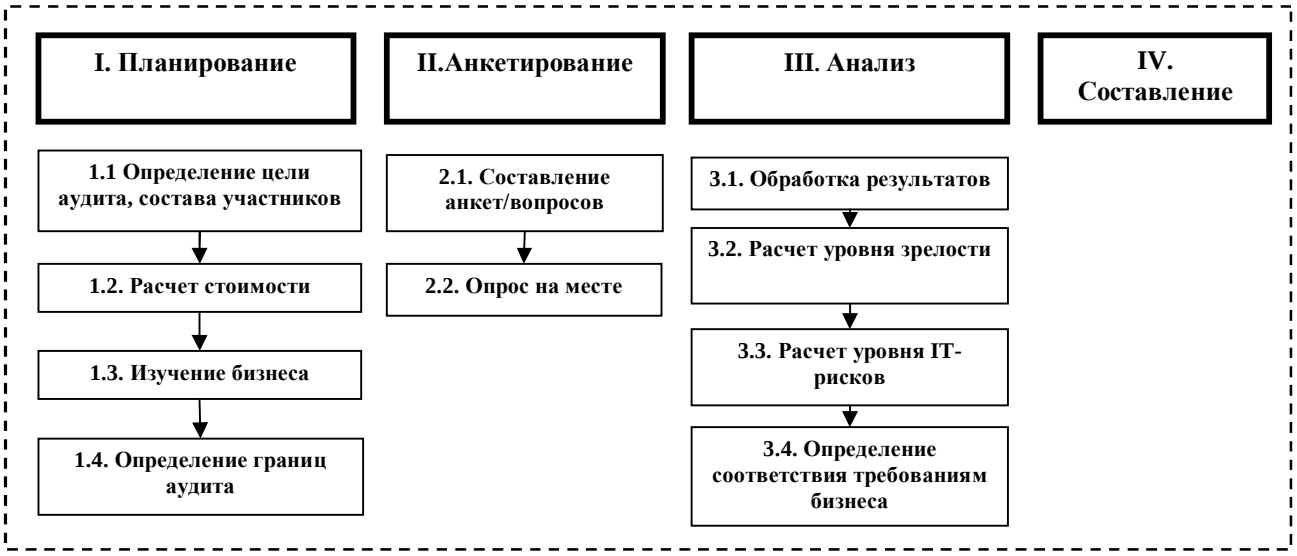


Рисунок. Этапы методики IT-аудита

Предварительный этап аудита – планирование – наверно самая важная, базовая его часть. Внимательно здесь стоит отнестись к определению структуры затрат на проект.

В большинстве случаев проекты по IT-аудиту не имеют финансового эффекта сами по себе, а являются лишь подготовительным этапом к последующим проектам в области реструктуризации ИТ, внедрения новых информационных систем и т.п. Тем не менее, подобный проект требует затрат.

Основными затратами являются:

- в случае выполнения проекта внешним подрядчиком – стоимость проекта, выплачиваемая подрядчику, а также стоимость отвлечения сотрудников заказчика от своей основной деятельности (заполнение анкет, участие в интервью);
- в случае выполнения собственными силами – стоимость работы сотрудников, выполняющих и организующих сам проект, и рабочее время сотрудников, отвлекаемых на выполнение проекта;

- другие издержки, специфичные для отдельных видов аудита: стоимость сертификации, обучения сотрудников, внедрения систем, используемых для сбора инвентаризационной информации.

Следующий шаг – изучение бизнеса. Сюда включаются – изучение публикаций по индустрии заказчика, годовых отчетов и отчетов независимых аналитиков, проведение интервью с ключевым менеджментом заказчика, рассмотрение предыдущих аудиторских отчетов. На основании проведенного обследования рекомендуется создать функциональную модель AS IS (как есть).

Наконец, заключительный шаг на данном этапе – определение границ аудита. По результатам этапа планирования, перед аудитором должен появиться перечень ключевых процессов, требующих особого внимания. Это, прежде всего, процессы с низким уровнем зрелости и большим количеством рисков.

На следующем этапе проводится интервью с сотрудниками компании-заказчика.

Следующий шаг – анализ собранных свидетельств, детальные оценки и итоговые выводы аудита. Рекомендуется провести расчет уровня зрелости IT-процессов.

Заключительным шагом на этапе анализа является анализ на соответствие требованиям бизнеса и стандартам. В первом случае рекомендуется рассмотреть и проанализировать функциональные модели AS IS и TO BE (как должно быть), а также построить диаграмму потоков данных. В случае проверки системы или отдельных ее частей на соответствие стандартам, в первую очередь, нельзя забывать о требованиях информационной безопасности, описанных в стандарте ISO 27000. А если в дальнейшем необходимо сертифицировать качество работы сервис-ориентированного ИТ-подразделения, то необходимо использование при совершенствовании деятельности стандарта ISO 20000.

Проведенный IT-аудит позволит обоснованно создать следующие документы:

- отчет о текущем состоянии исследуемых областей;
- выводы о необходимости развития или модернизации существующих информационных и инженерных систем;
- рекомендации о возможных направлениях развития, технологических или организационных решениях.

Структура и содержание отчета об аудите должны соответствовать задачам проекта.

Заключение. Таким образом, в ходе диссертационного исследования предложено решение научной проблемы разработки теоретико-методологических положений и научно-методических рекомендаций по проведению корпоративного IT-аудита с учетом имеющихся практик и стандартов.

Практическая значимость исследования заключается в разработке и практическом применении методики корпоративного IT-аудита. Использование данной методики позволит оптимизировать работу IT-отдела на предприятии, подготовить компанию к сертификации по международным стандартам или к внедрению новой корпоративной информационной системы, а также предоставить руководству компании наиболее полную информацию о текущем состоянии IT-инфраструктуры компании. Результаты исследования могут быть использованы также при разработке Положения о деятельности службы внутреннего аудита, а также при разработке учебных материалов для практических занятий в учебном процессе высших учебных заведений по курсу «IT-аудит».

Литература

1. COBIT 4.1. Control Objectives for Information and related Technology.
2. Астахов А. COBIT для ИТ-аудиторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://iso27000.ru/chitalnyi-zai/audit-informacionnoi-bezopasnosti/cobit-dlya-it-auditorov, своб.
3. Байновский Ф. Информационный аудит // Риск-менеджмент, 2008. – № 5–6.
4. Интернет-университет информационных технологий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // www.intuit.ru, своб.

Суворов Александр Сергеевич
Год рождения: 1986
Факультет точной механики и технологий,
кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии, группа 6665
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: rneo@mail.ru

УДК 62-503.55

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОМПАРАТОРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ МЕР ЛЕНТ И РУЛЕТОК

А.С. Суворов
Научный руководитель – ст. преподаватель С.С. Гвоздев

Целью работы являлось исследование возможности модернизации компаратора для контроля параметров мер лент и рулеток. Основными задачами проведенной работы являлись:

- анализ аналогов и прототипов стендов по проведению поверок измерительных лент рулеток;
- исследование возможности устранения выпуклости лент во время проведения процесса поверки измерительных лент;
- анализ интерфейса программ по отображению информации на персональном компьютере (ПК);
- разработка программы для наводки на штрих измерительной ленты;
- рекомендации по применению линейного привода.

В работе были рассмотрены различные измерительные рулетки. При проведении поверок лент рулеток необходимо учитывать особенности исполнения и оцифровки шкал лент. Для этого был дополнен ранее выполненный поиск информации по компараторам для проведения поверок измерительных лент. В работе приводятся 8 примеров находящихся в эксплуатации зарубежных и отечественных компараторов.

Поверка измерительных лент рулеток осуществлялась в соответствии с правилами, приведенными в МИ 1780-87 «Ленты образцовые и рулетки металлические измерительные. Правила поверки» [1]. В этом стандарте указываются правила для проведения поверки прямых лент и лент, которые имеют выпуклость (желобчатые ленты). При проведении поверки ленту вытягивают на всю длину и закрепляют на горизонтальной плоскости под действием груза. В случае, когда поверяется желобчатая лента, приведенным стандартом не оговаривается механизм устранения выпуклости.

Большинство лент рулеток длиной до 5 м имеют выпуклость. Такие желобчатые ленты рулеток имеют продольный изгиб вдоль всей длины ленты. Выпуклость ленты присутствует, когда лента имеет изгибы по обоим краям на некоторую высоту относительно середины ленты. Ленты рулеток бывают различной ширины 5–25 мм и толщины 0,1 мм, что соответствует ГОСТу 7502-98 «Рулетки измерительные металлические» [2].

Были проведены измерения несколькими способами по определению значений выпуклости измерительных лент. Для этого использовались ленты рулеток разной ширины в выбранных 10 точках по всей длине ленты [3].

Далее были проведены исследования по определению соотношения расстояний между цилиндрами и их диаметрами, которые возможно использовать для устранения выпуклости. В этих экспериментах использовались цилиндры различного диаметра и измерительные рулетки шириной 5–25 мм. Каждая измерительная рулетка располагалась на поверхности столика и была прижата цилиндрами.

В качестве прибора, считывающего информацию, был использован микроскоп Motic DS2 с цифровой камерой, что позволило получить изображение штрихов на мониторе ПК [4]. Подобные микроскопы используются в некоторых зарубежных и отечественных компараторах [5]. Микроскоп можно подключать к компьютеру и выводить видеоизображение на монитор ПК.

Для проведения эксперимента были взяты измерительные рулетки различной ширины:

– измерительная рулетка с прямой лентой и шириной 5 мм и 10 мм;
– измерительная рулетка с выпуклой лентой шириной 10 мм, 12 и 25 мм.

В процессе исследования изменялось расстояние между цилиндрами, и изменялись диаметры самих цилиндров. В результате проведенных исследований были выявлены зависимости между диаметрами цилиндров и расстоянием между ними на влияние изменения величины выпуклости ленты в области прижима.

При использовании прямых измерительных лент выпуклость визуально не наблюдалась и величина отклонения от плоскости составляла примерно 0,1 мм, что соответствовало погрешности выбранного измерительного прибора в проведенных экспериментах. Этот результат наблюдался при использовании прямых лент шириной 5 и 10 мм.

Однако в случае использования измерительных лент с выпуклостью наблюдается изгиб краев ленты. При увеличении расстояния между цилиндрами, значение величины выпуклости измерительной ленты увеличивается на величину, которая соответствует среднему значению высоты края ленты от ее центра. Для ленты шириной в 10 мм эта величина соответствует значению 0,84 мм, а для ленты шириной в 12 мм – 1,29 мм. При использовании ленты шириной 25 мм величина выпуклости составила 4,75 мм.

При использовании более широких лент с изгибом по краям, т.е. лент с выпуклостью (желобчатые ленты), наблюдалось увеличение выпуклости, и как следствие, возникала необходимость изменять расстояние наводки микроскопа. Были произведены измерения с использованием цилиндров разных диаметров.

Выяснилось, что диаметры цилиндров на результат не влияют, а расстояние между цилиндрами должно соответствовать тому значению, при котором изменение высоты изгиба края ленты незначительно. В проведенных исследованиях эта величина соответствовала 20 мм.

Программное обеспечение Motic DS2 позволяет выводить изображение на весь экран. Однако в нем отсутствует возможность выводить специальные метки поверх выводимого изображения.

Для этого был разработан специальный программный продукт. В нем реализована возможность вывода поверх изображений штрихов лент графического элемента, такого как биссектор [6]. Это позволило оператору осуществить более точную наводку на штрихи измерительной ленты. Выбор биссектора обусловлен особенностями человеческого восприятия данных, содержащих штриховую и шкальную информацию.

В проведенной работе были рассмотрены различные линейные двигатели, которые обеспечивают высокую точность позиционирования и обладают меньшими габаритами по сравнению с другими типами приводов [7]. В работе представлен линейный двигатель фирмы «Hiwin».

В результате работы, на основе выполненных исследований, предложена модернизированная конструкция компаратора.

Литература

1. МИ 1780-87. Ленты образцовые и рулетки металлические измерительные. Правила поверки. – Введ. 01.01.1989. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 9 с.
2. ГОСТ 7502-98. Рулетки измерительные металлические. – Введ. 01.07.2000. – Минск: Изд-во стандартов, 2000. – 10 с.
3. Суворов А.С. Исследование возможности ликвидации выпуклости измерительных лент рулеток в процессе их контроля // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Труды молодых ученых. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – Вып. 1. – 246 с.
4. Цифровые микроскопы Motic. Цифровой учебный микроскоп Motic DS-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.motic.ru/ds2.php, свободный. – Яз. рус.
5. Thalmann R. EUROMET Supplementary Comparison. Steel tape measure. Final report. – Wabern, June 2006.
6. Кругер М.Я., Панов В.А., Кулагин В.В. Справочник конструктора оптико-механических приборов. 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1967. – 760 с.
7. Линейные моторы. Компания «Hiwin» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://www.hiwin.com/html/linear%20motors/lms.html, свободный. Яз. рус.

Торопов Александр Владимирович
Дата рождения: 1989
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра компьютерных технологий, группа 6539
Направление подготовки:
010400 Прикладная математика и информатика
e-mail: toropov@rain.ifmo.ru

УДК 519.6

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ ФИНАНСОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ В СИСТЕМАХ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ ТОРГОВЛИ НА БИРЖЕ

А.В. Торопов
Научный руководитель – д.ф.-м.н., доцент Ю.А. Шполянский

Алгоритмическая торговля – это бурно развивающаяся технология проведения торговых операций с помощью специализированных компьютерных систем. Участники рыночной торговли реализуют бизнес-логику в виде программ-стратегий, которые работают в автоматическом режиме при минимальном участии человека. Высокочастотная торговля, один из видов алгоритмической торговли, получила самое активное развитие, благодаря своему благоприятному влиянию на рынок ценных бумаг [1]. Высокочастотная торговля повышает ликвидность [1–4], привлекает малых инвесторов [2] и обеспечивает лучшую цену при больших объемах сделки [2–4].

Теоретическое ценообразование является чрезвычайно мощным инструментом для принятия решения торговой стратегией об отправке заказа на биржу или заключении сделки. На его основе можно построить множество различных стратегий по увеличению ликвидности рынка (маркет-мейкинг), страхованию рисков (хеджирование), торговли волатильностью и т.д. В работе исследуется теоретическое ценообразование различных видов финансовых инструментов и его применение в торговых стратегиях.

Основной задачей теоретического ценообразования финансовых инструментов является определение справедливой стоимости – рациональной, свободной от арбитражных возможностей, оценки потенциальной рыночной стоимости финансового инструмента, принимающей во внимание объективные рыночные факторы [7, 9], а также производных справедливой стоимости, определяющих чувствительность справедливой стоимости к изменению рыночных параметров [8]. Основной фокус этой работы был направлен на изучение теоретического ценообразования опционов, а именно, на модель Блэка-Шоулза-Мертона, которая описывает стоимость опциона во времени в виде дифференциального уравнения в частных производных [7, 9].

В работе исследовано теоретическое ценообразование основных видов финансовых инструментов, торгуемых на ведущих мировых рынках. Аналитическими и численными методами реализованы различные модели теоретического ценообразования фьючерсных и форвардных контрактов, европейских, американских, барьерных и азиатских опционов, а также комбинаций финансовых инструментов. Автором предложены оригинальные идеи, позволившие получить более точную оценку справедливой стоимости и производных для опционов, благодаря более корректному учету влияния процентной ставки и волатильности, получены точные производные по цене базового актива. В процессе работы было произведено детальное тестирование моделей и их реализаций, подобраны параметры алгоритмов, обеспечивающие необходимую точность расчета при наименьших затратах вычислительных ресурсов.

Внедрение механизма теоретического ценообразования и использование торговых стратегий, базированных на нем в системах высокочастотной алгоритмической торговли, сопряжено с множеством технических и алгоритмических проблем. Эти проблемы связаны со скоростью расчета теоретических цен, организацией доступа к посчитанным значениям, обновлением теоретических показателей при изменении рыночных параметров и т.д., т.е. с производительностью.

Например, один из возможных вариантов ускорения расчета теоретических цен – использование вычислительной мощности видеокарт. В подавляющем большинстве работ по этой теме [19–21] исследуется идеально распараллеливаемый, но не применимый на практике, метод Монте-Карло или явные и неявные схемы для решения уравнения Блэка-Шоулза [19]. На практике лучшей точностью решения и устойчивостью обладает схема Кранка-Николсона [7]. Исследование применения графических процессоров для вычисления цен опционов с помощью схемы Кранка-Николсона опубликовано автором в [22]. Также в работе решен ряд задач, позволяющих эффективно использовать механизм теоретического ценообразования в системах высокоскоростной высокочастотной алгоритмической торговли. А именно, разработаны структуры данных для передачи теоретических значений по сети, предложен эвристический алгоритм поиска лучшей цены на разных рынках, решено множество возникших технических вопросов.

В ходе работы реализованы коммерческие варианты плагинов для расчета теоретических значений для финансовых инструментов. С их помощью разработан ряд автоматических торговых стратегий [23], которые успешно используются для торговой деятельности ряда крупных европейских банков, трейдинговых фирм и хедж-фондов.

Из-за относительной новизны тематики и огромного количества различных финансовых инструментов, торгуемых на биржах, теоретическое ценообразование множества финансовых инструментов не исследовано на должном уровне. Малоизученным остается теоретическое ценообразование экзотических опционов [9, 10] (барьерных опционы, азиатских опционы, турбо варрантов) при различных видах дивидендных выплат, ETF-ов и ETN-ов, дельта-нейтральных комбинаций с $n>1$ фьючерсными компонентами и других финансовых инструментов. Также малоисследована задача производительности систем высокочастотной алгоритмической торговли, многие известные технические решения не подходят для современных систем высокочастотной торговли, а алгоритмы решения тех или иных задач либо не обладают достаточной эффективностью, либо не покрывают требуемые сценарии. Это предполагает широкое поле для исследования в рамках тематики работы.

Литература

1. Hendershott T., Jones C., Menkveld A. Does Algorithmic Trading Improve Liquidity? // The Journal of finance, 2011. – V. LXVI, № 1. – PP. 1-33.
2. Brogaard J. High-Frequency Trading and its Impact on Market Quality // Northwestern University Kellogg School of Management Working Paper, 2010. – P. 66.
3. Gomber P., Arndt B., Lutat M., Uhle T. High-Frequency Trading // Goethe University Press, 2011. – P. 135.
4. Chlistalla M. High-frequency trading // Deutsche Bank Research, 2011. – P. 19.
5. Майоров С. О современных тенденциях развития торговых технологий // Биржевые технологии, 2009. – № 10. – С 14-17.
6. Майоров С. Алгоритмическая торговля – за и против // Биржевые технологии, 2010. – № 1. – С. 9-16.

7. Wilmott P. Paul Wilmott on Quantitative Finance. – John Wiley & Sons, Inc, 2006. – V. 1- 3.
8. Haug E.G. The complete guide to option pricing formulas, 2nd edition – McGraw-Hill, 2007. – P. 232.
9. Hull J.C. Options, futures and other derivatives, 4th edition – Prentice-Hall International, Inc, 2000. – P. 744.
10. Joshi M. The Concepts and Practice of Mathematical Finance, 2nd edition – Cambridge University Press, 2003. – P. 492.
11. Sinclair E. Volatility trading – John Wiley & Sons, Inc, 2008. – P. 212.
12. Gatheral J. The volatility surface, a practitioners's guide, John Wiley & Sons, Inc, 2006. – P. 208.
13. Fischer B., Scholes M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities // Journal of Political Economy, 1973. – V. 81(3). – PP. 637-654.
14. Curran M. Valuing Asian and portfolio options by conditioning on the geometric mean price // Management Science, 1994. – V.40, № 12. – P. 1705–1711.
15. Gatheral J. A parsimonious arbitrage-free implied volatility parameterization with application to the valuation of volatility derivatives // Global Derivatives & Risk Management, 2004. – P. 41.
16. Ayache E. What is Implied by Implied Volatility // Wilmott magazine, 2011. – PP. 28-35.
17. Nevmyvaka Y., Sycara K., Seppi D. Electronic Market Making: Initial Investigation, 2006. – P. 6.
18. Cormen T., Leiserson C., Rivest R., Stein C. Introductions to algorithms – MIT Press, 2009. – P. 1292.
19. Giles M. Computational Finance using CUDA on NVIDIA GPUs, Oxford University Mathematical Institute, 2009. – P. 27.
20. Dai B., Peng Y., Gong B., Parallel Option Pricing with BSDE method on GPU, Ninth International Conference on Grid and Cloud Computing, 2010. – PP. 191-195.
21. Podlozhnyuk V. Monte-Carlo Option Pricing, NVIDIA Corporation, 2007. – P. 27.
22. Косяков М.С., Шинкарук Д.Н., Торопов А.В., Шполянский Ю.А. Применение технологии CUDA для ускорения расчета цен опционов Европейского типа сеточным методом // Известия вузов. Приборостроение, 2012. – № 10. – С. 13-19.
23. Торопов А.В. Применения теоретического ценообразования опционов в автоматических торговых стратегиях // Сборник тезисов I Всероссийского конгресса молодых ученых, НИУ ИТМО, 2012. – С. 91-92.
24. Торопов А.В. Теоретическое ценообразование финансовых инструментов в системах высокочастотной алгоритмической торговли на бирже // Магистерская диссертация, НИУ ИТМО, 2012. – С. 48.

Цопа Юрий Алексеевич
Дата рождения: 1987
Факультет точной механики и технологий, кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии, группа 6665
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: yuatc@rambler.ru

УДК 62-791.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ПОВЕРКИ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КОНЦЕВЫХ МЕР ДЛИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Ю.А. Цопа
Научный руководитель – ст. преподаватель С.С. Гвоздев

Плоскопараллельные концевые меры длины применяются для измерения размеров особо точных изделий и оснастки, наладки приспособлений и станков, проверки калибров, проверки и градуировки различных мер и приборов и т.п. Кроме того, они служат средством хранения и воспроизводства единицы длины при передаче от эталона к изделию.

В зависимости от разряда и класса точности концевой меры, а также ее длины используются различные виды измерительных приборов.

Проанализировав все найденные устройства для контроля плоскопараллельных мер длины, можно отметить ряд недостатков, характерных для них.

Основным недостатком является применение дифференциального метода измерений. Дифференциальный метод измерений (дифференциальный метод) – метод измерений, при котором измеряемая величина сравнивается с однородной величиной, имеющей известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины, и при котором измеряется разность между этими двумя величинами. Следовательно, необходимо использовать эталонную концевую меру длины. При этом более точный метод непосредственного измерения в этих приборах не используется. Кроме того, измерение осуществляется с применением контактного метода измерений.

Далее нужно отметить незащищенность установочной базы от внешних воздействий, таких как конвекция воздуха и температурное расширение. Защита осуществляется лишь за счет специального экрана, расположенного между оператором и установочной базой. При этом для всех приборов определена рабочая температура 20°, при которой можно производить измерения, что вызывает необходимость в оборудовании специального помещения, с температурным контролем и защитой от конвекции воздуха под данные устройства.

Также недостатком является наличие ручного перехода от одной измеряемой меры к другой. Так как концевые меры длины чаще всего комплектуются в наборы, измерение всех мер, входящих в этот набор (в наборе может быть более сотни концевых мер) занимает достаточно длительное время. Следовательно, появляется проблема дальнейшей автоматизации процесса измерения.

Сравнивая между собой приборы для поверки концевых мер контактным и оптическим методом можно отметить, что приборы, использующие контактный метод измерений, проще в эксплуатации и не требуют такого высококвалифицированного персонала. В то же время оптические приборы обладают большей точностью.

Следовательно, появляется задача исследования возможности создания устройства, совмещающего достоинства рассмотренных приборов и исключающего их недостатки.

В качестве нового метода для исследования геометрических параметров концевых мер длины в работе рассматривалась сканирующая зондовая микроскопия.

В процессе работы с концевыми мерами использовался сканирующей зондовый микроскоп (СЗМ) NanoEducator. В основе работы данного СЗМ лежит использование зависимости величины взаимодействия между зондом в виде острой вольфрамовой иглы и поверхностью исследуемого образца от величины расстояния зонд-образец. Взаимодействие может быть токовым (за счет туннельного тока) или силовым. Так как плоскопараллельные концевые меры длины изготавливаются из стали или твердых сплавов и керамики [1], то использование СЗМ NanoEducator в режиме токового взаимодействия является не эффективным. Для того чтобы иметь возможность исследовать и непроводящие материалы необходимо использование силового взаимодействия [2].

Параметр шероховатости измерительных поверхностей концевых мер длины $Rz < 0{,}063$ мкм, отклонение от плоскопараллельности измерительных поверхностей концевых мер в зависимости от класса точности не должно превышать значения 0,05–1 мкм [3]. В процессе работы на СЗМ NanoEducator, было проведено сканирование 5 образцов концевых мер длиной 1,03 мм и получены изображения их поверхностей. На рисунке представлено изображение поверхности и гистограмма значений элементов изображения одного из образцов концевой меры, полученные после обработки результатов сканирования с помощью СЗМ NanoEducator.

Для всех 5 образцов значения средней шероховатости поверхности лежат в диапазоне 0,022–0,079 мкм, что в среднем соответствует параметрам шероховатости, предъявляемым к концевым мерам. Следовательно, метод контроля поверхности концевых мер с использованием СЗМ NanoEducator может использоваться для измерения параметров концевых мер [4].

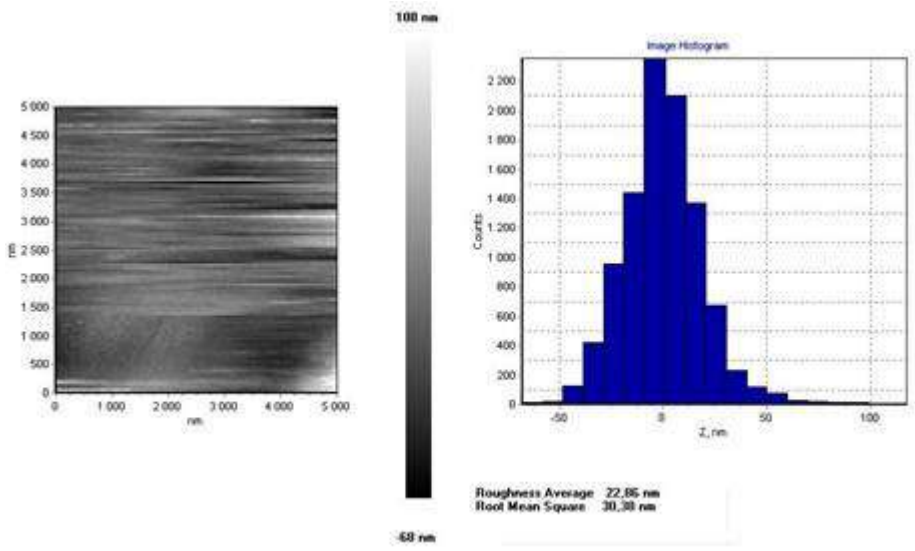


Рисунок. Изображение поверхности и гистограмма значений элементов изображения одного из образцов концевой меры

Так как СЗМ NanoEducator невозможно использовать для исследования концевых мер целиком, был произведен поиск по средствам Интернет. В ходе поиска были найдены более профессиональные устройства, использующие принципы сканирующей зондовой микроскопии, а именно приборы серии «НаноСкан».

Приборы серии «НаноСкан» основаны на принципах сканирующей зондовой микроскопии и наноиндентирования. Главным отличием «НаноСкан» является применение пьезорезонансного кантилевера камертонной конструкции с высокой изгибной жесткостью консоли (~2×10^4 Н/м).

Использование СЗМ «НаноСкан» позволяет измерять шероховатость и плоскостность концевых мер длины с необходимой точностью. Так как измерение меры производится по 5 точкам на измерительной поверхности, необходимо добавить возможность перемещения установочной базы с концевой мерой в диапазоне, соответствующем наибольшим размерам поперечного сечения концевых мер. Удобная конструкция нижней базы приборов «НаноСкан-3D» и «НаноСкан-3Di» позволяет оснастить их координатными столами, позволяющими решить проблему недостатка хода измерительных головок по осям *XY*, выбрать подходящую скорость перемещения образца, повторяемость и точность позиционирования.

Для измерения плоскостности на данном приборе необходимо произвести замену стандартного координатного стола сканирующего зондового микроскопа «НаноСкан-3D». Данный столик следует выбирать, исходя из следующих данных:

1. размеры поперечного сечения концевой меры длины не могут превышать 35×9 мм, следовательно ход координатного столика оптимально не должен превышать 50 мм по осям *XY*;
2. для автоматизации процесса измерения следует предусмотреть возможность оснащения координатного столика электроприводом.

Для измерения длины концевой меры с помощью сканирующего зондового микроскопа «НаноСкан-3D» необходимо модернизировать конструкцию, например, таким образом, чтобы образец в процессе сканирования находился между двумя измерительными зондами.

Работы по всем этим направлениям в данный момент ведутся Студенческим проектно-исследовательским бюро Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики совместно с фирмами ЗАО «НПФ УРАН» и ООО «КЕЛЕГЕН».

Литература

1. Tesa Technology [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.tesabs.ru – заглавие с экрана.
2. Цопа Ю.А. Применение сканирующего зондового микроскопа для исследования поверхности плоскопараллельных концевых мер длины // Сборник тезисов докладов конференции молодых ученых. Труды молодых ученых. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – Вып. 2. – С. 313–314.
3. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. – Введ. 01.01.1975. – М.: Госстандарт СССР. – 7 с.
4. ГОСТ 9038-90. Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия. Введен 01.07.1991. – М.: Издательство стандартов. – 30 с.

Чуйко Юрий Эрнестович
Год рождения: 1989
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра информационных систем, группа 6512
Направление подготовки:
230100 Информатика и вычислительная техника
e-mail: me@mr-grey.ru

УДК 659

ПРИМЕНЕНИЕ ИНКРЕМЕНТАЛЬНОЙ ПАКЕТНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗМЕНЕНИЙ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ

Ю.Э. Чуйко
Научный руководитель – О.А. Большакова
(ООО «Яндекс»)

Введение. В системах управления данными ключевую роль играет понятие изменения – факта атомарного изменения единицы хранимой информации. Произошедший факт изменения влечет за собой отклик системы. Откликом системы может являться, например:

- операция обновления данных с учетом вносимых изменений;
- отказ системы от обновления данных;
- передача обработанных данных на выход системы.

Один из основных факторов производительности системы управления данными – то, через какое время данные, переданные на вход системе, можно получить на выходе.

Во многих современных информационных системах, рассчитанных на работу с данными от пользователей, пользователь является непосредственным источником контента, т.е. влияет на информацию, которая содержится в системе. В таких системах ключевую роль играет скорость обработки данных, ведь именно этот фактор определяет степень удовлетворения пользователя от работы с системой. Пользователь, подав на вход данные, должен как можно быстрее получить результат на выходе системы.

В представленной работе рассматривалась система управления данными об организациях в компании «Яндекс».

В данном случае входом являлся сервис «Справочник организаций», где пользователи могут добавить на карты известные им организации. Выход системы – сервис «Яндекс Карты».

Пользователь, добавляя свою организацию, ожидает появления ее на картах в максимально короткий срок. Однако данные от пользователя должны пройти все процедуры обработки и публикации в системе, которые занимают продолжительное время.

Изначально в системе управления данными об организациях новые данные опубликовывались в течение суток после попадания на вход системы. **Целью работы** являлись разработка и реализация схемы обработки и публикации данных, которые позволили значительно сократить время появления новых данных на выходе системы без потери качества данных.

Содержательная часть. Концепция решения, рассматриваемая в работе – это инкрементальная пакетная обработка изменений.

Данная концепция характеризуется следующими принципами:
- введение очереди для накапливания изменений;
- запуск обработки для пакета изменений;
- введение инкрементальных процедур обработки;
- публикация лишь обновленных данных.

В процессе реализации были разработаны следующие компоненты:
- механизм отслеживания изменений;
- очередь изменений;
- распределенная система обработки пакетов изменений;
- хранилище подготовленных данных;
- процедура публикации обновленных данных.

Схема взаимодействия реализованных компонентов представлена на рисунке.

Рисунок. Схема взаимодействия компонентов системы

Особенности реализации компонентов системы:
- значительное ускорение цикла обработки данных;
- применимость решения при росте объема данных;
- интеграция в существующую систему управления данными об организациях;
- возможность переключения на новую реализацию на работающей системе;
- наличие механизмов мониторинга;
- отсутствие единой точки отказа.

Заключение. В результате работы была реализована новая схема обработки изменений данных. Реализованная схема основана на применении концепции инкрементальной пакетной обработки изменений. Полученная схема была успешно внедрена в систему управления данными об организациях в компании «Яндекс». В результате значительно сократилось время публикации обновленных данных в сервисе Яндекс.Карты.

Литература

1. Балашова А. 2GIS раздала международные карты. Компания выходит на рынок Италии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kommersant.ru/doc/1931015, свободный. Яз. рус. (дата обращения 12.02.2012).
2. Brin, S.; Page, L. (1998). The anatomy of a large-scale hypertextual Web search engine // Computer Networks and ISDN Systems. – 1998. – V. 30. – P. 107–117.

3. A Tutorial on Clustering Algorithms [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://home.dei.polimi.it/matteucc/Clustering/tutorial_html/index.html, свободный. Яз. рус. (дата обращения 12.02.2012).
4. Norbert Debes. Secrets of the Oracle Database. – New York: Apress, 2009. – 515 p.
5. Gamma E., Helm R., Johnson R., Vlissides J. Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software. – Massachusetts: Addison-Wesley, 1995. – 395 p.
6. Eleco Plugge, Peter Memberey, Tim Hawkins. The Definitive Guide to MongoDB. – New York: Apress, 2010. – 293 p.
7. Поляков Е. The Elliptics Network [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ioremap.net/projects/elliptics, свободный. Яз. рус. (дата обращения 20.05.2012).
8. Джошуа Блох. Java: Эффективное программирование. – М.: Лори, 2002. – 224 с.
9. Craig Walls. Spring in Action, ThirdEdition. – USA: Manning Publications Co., 2011. – 424 p.

Щербин Борис Олегович
Год рождения: 1988
Факультет точной механики и технологий,
кафедра нанотехнологий и материаловедения, группа 6676
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: esenin@nxt.ru

УДК 531.534

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАНООБЪЕКТОВ

Б.О. Щербин
Научный руководитель – к.ф.-м.н., ст.н.с. А.В. Анкудинов
(ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ 09-01-00623-а 2009-2011 гг.

Информация о механических характеристиках микро- и нанообъектов позволяет понять процессы, происходящие в биологических клетках 1 [2], создавать на основе наноматериалов композиты с заранее заданными свойствами 2 [3]. Для исследования механических характеристик нанообъектов можно визуализировать их тепловые или вынужденные колебания с помощью электронного микроскопа 3 [4]. Такие методы обладают большой погрешностью. При помощи атомно-силового микроскопа (АСМ) можно проводить испытания на растяжение или разрыв 4[8], что сложно в реализации, наноидентацию (4)[8], которая, для стандартного АСМ-зонда обладает нелинейной силовой зависимостью. На точность результатов также влияет эффект «плуга» (5)[1]. При использовании метода подвешенного нанообъекта можно добиться линеализации силовой зависимости [6], а используя специальный алгоритм можно избежать возникновения эффекта «плуга», и, тем самым, обеспечить проведение исследования механических характеристик нанообъектов с хорошей точностью.

В качестве объекта исследования данной работы были выбраны гидросиликатные наносвитки (ГСН) (8)[7]. Они являются перспективным материалом-наполнителем для нанокомпозитов, однако, из-за недостатка экспериментальных данных, создание композитов на их основе с заранее заданными свойствами затруднено.

Целью работы являлось исследование механических характеристик нанотубулярного гидросиликата магния. Для достижения поставленной цели, помимо измерения механических характеристик ГСН при стандартных условиях, было исследовано влияние окружающей атмосферы на механические характеристики ГСН. Также реализован алгоритм измерения жесткости нанообъектов, исключающий эффект «плуга» при помощи встроенного скриптового языка программного обеспечения АСМ «Интегра». На основе специальной наносистемы, произведено исследование силового взаимодействия зонд-образец в полуконтактном режиме работы АСМ.

Для проведения исследования механических характеристик ГСН методом подвешенного нанообъекта были приготовлены специальные образцы, представляющие из себя пористую лавсановую мембрану, с нанесенными на ее поверхность наносвитками. Некоторые наносвитки перекрывали поры и образовывали подвешенные нанообъекты. Для приготовления правильных образцов были проведены специальные расчеты концентрации исходного коллоидного раствора наносвитков. Перед нанесением коллоидный раствор подвергался ультразвуковой обработке для разделения агломератов наносвитков.

Значения модуля Юнга натуральных ГСН составило 182±140 ГПа, что хорошо согласуется со значениями для макрообразцов асбеста. Значение модуля Юнга синтезированных ГСН составило 364±189 ГПа. Как можно видеть, статистическая погрешность превышает 100%, хотя погрешность одного измерения не превышает 25%. Это может определяться различной плотностью дефектов наносвитков.

Жесткость наносвитков может меняться в зависимости от среды за счет капиллярных сил, созданных жидкостью в капиллярном канале наносвитка. Экспериментальные данные показывают уменьшение жесткости трубки при переходе из воздушной атмосферы в вакуум. При переходе из вакуума в спиртовую и толуоловую атмосферы жесткость наносвитков не проявила определенной тенденции. Это может быть связано с избирательной проницаемостью наноканалов ГСН [5].

Измерение сил взаимодействия зонд-образец в полуконтактном режиме работы АСМ проводилось на специальных наносистемах, представляющих из себя провисающие над порой наносвитки с известной жесткостью. При изменении амплитуды колебаний зонда на 50 нм происходило изменение сил взаимодействия в среднем на 17 нН. Среднее значение отношения пиковой и средней сил составило 10, что хорошо согласуется с теоретическими данными.

Для исключения эффекта «плуга» была написана программа, полностью заменяющая собой стандартную программу для проведения силовой спектроскопии. При заданном угле наклона зонда 25° было достигнуто почти полное исключение паразитного эффекта, однако было выявлено, что необходимо учитывать нелинейность зависимости горизонтального смещения зонда от вертикального. На основании данного скрипта возможно усовершенствовать режим работы АСМ «jumping mode».

В результате проведенной работы был реализован скрипт, позволяющий проводить точные наноидентационные АСМ-эксперименты, определен модуль Юнга натуральных и синтезированных ГСН, выявлен вклад нанокапиллярного эффекта в жесткость ГСН, исследованы специальные образцы, предназначенные для калибровки импульсной силы полуконтактного режима работы АСМ.

Литература

1. Любимов Г.А. Клетка. Биомеханика. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://theormech.univer.kharkov.ua/biomech/tema05.html, свободный. Яз. рус. (дата обращения: 22.04.2012).

2. Елецкий А.В. Механические свойства углеродных наноструктур и материалов на их основе // Успехи физических наук, 2007. – Т. 177. – № 3. – С. 233–247.
3. Heer D. Electrostatic Deflections and Electromechanical Resonances of Carbon Nanotubes // Science, 1999. – P. 283.
4. Yu M.-F., Kowalewski T., Ruoff R.S. Investigation of the Radial Deformability of Individual Carbon Nanotubes under Controlled Indentation Force // Physical Review Letters, 2000. – P. 85.
5. Ганзий Д.А. Разработка метода измерения толщины проводящих пленок с помощью наноидентирования // Магистерская диссертация. – Долгопрудный, 2010. – 57 с.
6. Salvetat J.-P., Bonard J.M., Thomson N.H., Kulik A.J., Forró L., Benoit W., Zuppiroli L. Mechanical Properties of Carbon Nanotubes // Applied Physics. – 1999. – A. 69. – P. 255–260.
7. Nair R.R. and all. Unimpeded Permeation of Water Through Helium-Leak – Tight Graphene-Based Membranes // Science. – 2012. – V. 335. – P. 442–444.
8. Tenne R. Inorganic Nanotubes and Fullerene-like Nanoparticles // Nature nanotechnology, 2006. – V. 1. – P. 103–111.

Виткин Владимир Владимирович
Год рождения: 1989
Инженерно-физический факультет, кафедра оптики лазеров, группа 6251
Направление подготовки:
223200 Техническая физика
e-mail: v.v.v@bk.ru

УДК 535.231.15

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ НАКАЧКИ КОМПАКТНЫХ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ЛАЗЕРОВ С БОКОВОЙ ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ

В.В. Виткин
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент А.А. Мак

Государственный контракт «Лазерный Высотомер-Вертикант Фобос-Грунт».

В работе проведена оптимизация системы накачки твердотельного лазера космического базирования с боковой диодной накачкой для проекта «Фобос-Грунт». Представлен аналитический обзор возможных схем боковой диодной накачки компактных твердотельных лазеров. Требовалось предложить вариант системы накачки лазерного передающего модуля высотомера-вертиканта (ЛПМВВ) для проекта «Фобос-Грунт» [1], в котором бы достигалась максимальная эффективность поглощения излучения накачки в активном элементе при обеспечении необходимого профиля распределения инверсной населенности по его сечению, учитывая геометрию решеток полупроводниковых диодов накачки. Таким образом, была поставлена задача найти оптимальное соотношение между равномерностью, усилением среды и эффективностью системы накачки, при котором энергия на выходе лазера удовлетворяет требованиям технического задания.

В работе предложена геометрия системы накачки ЛПМВВ с учетом требований холодного резервирования систем космического базирования. Два активных элемента были размещены рядом в одном осветителе – это позволяет добиться большей длины активной среды в поперечном направлении для поглощения накачки при том же диаметре, позволяющем поддерживать высокий коэффициент усиления (рис. 1).

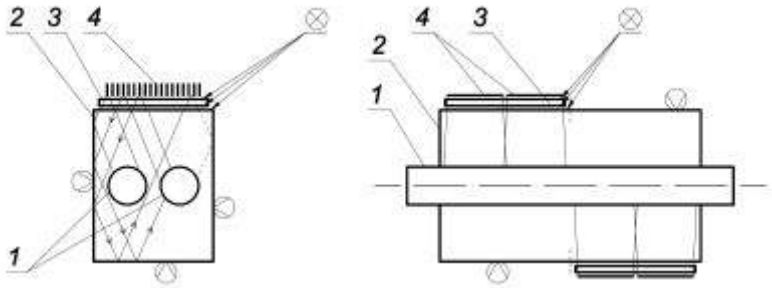


Рис. 1. Геометрия системы накачки ЛПМВВ «Фобос-Грунт»: 1 – активный элемент; 2 – отражатель; 3 – защитное стекло; 4 – линейки лазерных диодов

В работе составлена расчетная модель, позволяющая оценивать поглощение излучения накачки в активной среде с учетом реального спектрального распределения накачки. Расчетная модель выполняет свертку спектра излучения решеток лазерных диодов и спектра поглощения Nd:YAG. Предложена концепция перспективного осветителя для получения максимальной эффективности боковой диодной накачки для компактного твердотельного лазера. В работе предложены и исследованы три варианта исполнения осветителя для ЛПМВВ «Фобос-Грунт» [2].

1. С селективными диэлектрическими покрытиями, для борьбы с самовозбуждением в многопроходовой системе накачки. Эффективность системы накачки с этим осветителем составила 42%.
2. С неселективными металлическими покрытиями. Эффективность данной системы накачки составила 52%, но при высоких уровнях энергии из-за неселективности покрытий начинается самовозбуждение.
3. С неселективными металлическими покрытиями из фосфатного стекла легированного ионами Sm^{3+}. В данном варианте осветителя удалось побороть самовозбуждение в системе накачки при высоких уровнях энергии. Эффективность системы накачки составила 52%. Основываясь на данных аналитического обзора, эффективность созданной системы накачки близка к рекордной (56%) для одномодового режим генерации [3]. Энергия в импульсе на выходе лазера составила 70 мДж, что удовлетворяло требованием технического задания заказчика.

На рис. 2 представлена зависимость поглощенной энергии от энергии накачки для предложенных вариантов осветителя.

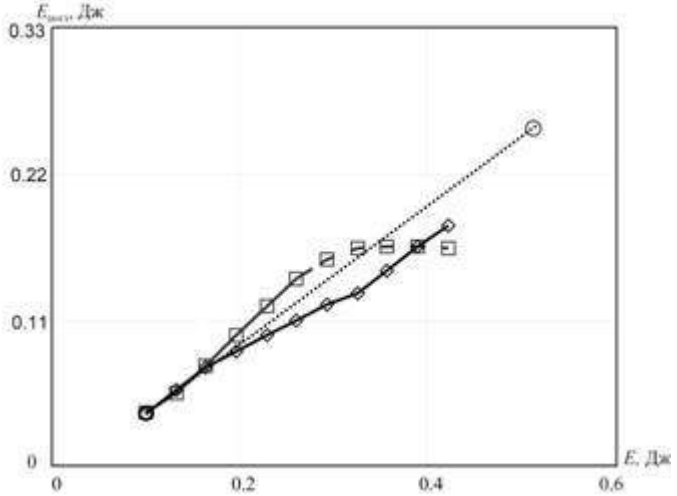


Рис. 2. Зависимость поглощенной энергии от энергии накачки: ◊ – диэлектрические покрытия; □ – серебрение (нелинейный участок имеет физический смысл только для запасенной энергии, загиб характеристики соответствует началу паразитной генерации

внутри осветителя); ○ – серебрение, осветитель изготовлен из стекла, легированного Sm^{3+}(измерение производилось при максимальном уровне накачки)

Составленная расчетная модель используется для оценки поглощения излучения накачки в активной среде с учетом реального спектрального распределения накачки в исследовательской практике сотрудниками Института лазерной физики Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики. Предложенный вариант системы накачки лазерного передающего модуля был включен в состав высотомера-вертиканта «Фобос-Грунт», который в свою очередь был включен в состав космического аппарата «Фобос-Грунт», его запуск был произведен 9 ноября 2011 г. Предложенную конструкцию перспективного осветителя предполагается использовать в дальномерах космического базирования, а также в компактных твердотельных лазерах с боковой диодной накачкой.

Литература

1. Поляков В.М., Покровский В.П., Сомс Л.Н. Лазерный передающий модуль с переключаемой диаграммой направленности для космического аппарата «Фобос-Грунт» // Оптический журнал. – 2011. – Т. 78. – № 10. – С. 4–9.
2. Виткин В.В. Исследование путей повышения эффективности системы боковой диодной накачки Nd:YAG лазера // Сборник трудов конференции «Будущее оптики». – 2012. – С. 49–51.
3. Гречин С.Г., Николаев П.П. Квантроны твердотельных лазеров с поперечной полупроводниковой накачкой // Квантовая электроника. – 2009. – Т. 39. – № 1. – С. 1–17.

Волкова Наталья Евгеньевна
Год рождения: 1989
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга, группа 6212
Направление подготовки:
223200 Техническая физика
e-mail: nvolkovapost@gmail.com

УДК 536.242, 535.231.22

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТОВЫХ ПРИБОРОВ

Н.Е. Волкова
Научный руководитель – к.т.н. Д.А. Минкин

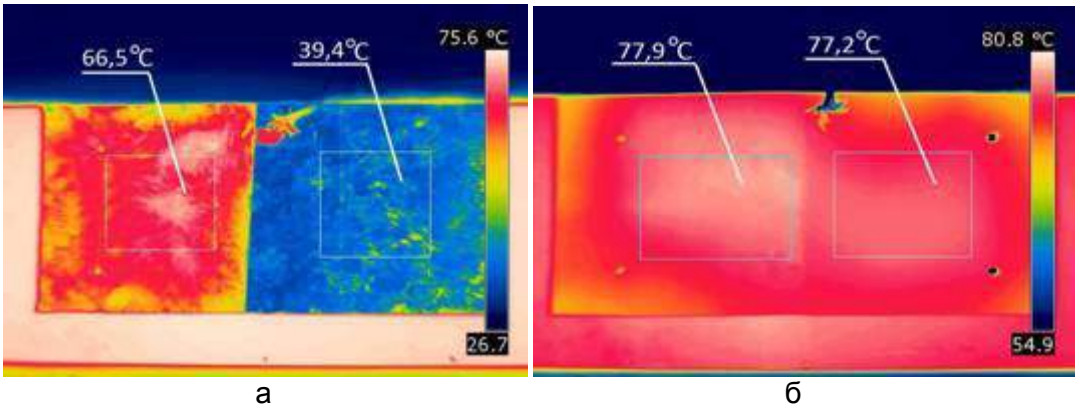
Работа выполнена в рамках государственного контракта № 16.516.11.6102 «Обеспечение теплового режима светодиодных световых приборов повышенной мощности и надежности» и может быть использована для расчетов систем охлаждения различных светодиодных приборов.

На сегодняшний день с технологиями твердотельных источников света связывается будущее целого ряда секторов мировой и российской экономики. Принципиально более высокие по сравнению с альтернативными технологическими решениями уровень светоотдачи и сроки эксплуатации, являющиеся основными преимуществами светодиодной технологии, способны привести к значительным позитивным социальным и экономическим эффектам. По прогнозам специалистов – благодаря государственной поддержке производства светодиодов и запрета ламп накаливания, в ближайшие годы усилится конкуренция между производителями светодиодной продукции, увеличится светоотдача твердотельных источников света и произойдет снижение цен на светодиодные светильники и лампы до 30%.

Однако основным недостатком светодиодов является существенная температурная зависимость их выходных характеристик, и заявленные производителем сроки службы и световая отдача соответствуют действительности только при обеспечении требуемого теплового режима. Исходя из этого, была сформулирована тема работы – обеспечение теплового режима светодиодных световых приборов. Объектом исследования в работе стал светодиодный улично-дорожный светильник повышенной мощности и надежности. В рамках обозначенной темы были поставлены следующие задачи: провести расчет пассивной воздушной системы охлаждения светодиодного улично-дорожного светильника, включающий в себя измерение коэффициента излучения покрытия корпуса и расчет параметров оребрения радиатора; провести исследование теплового режима экспериментального образца данного светильника и выработать рекомендации по его обеспечению.

По результатам исследования и расчета для обеспечения нормального теплового режима светодиодного улично-дорожного светильника повышенной мощности и надежности предложено использовать пассивную воздушную систему охлаждения, представляющую собой корпус светильника, выполненный в виде радиатора ребристого типа. Параметры оребрения рассчитывались, исходя из заданной мощности тепловыделений светового прибора и требований к обеспечению теплового режима его элементов.

Для определения степени черноты поверхности корпуса светодиодного светового прибора была собрана экспериментальная установка, описание которой приведено в работе. Исследовались белая порошковая краска и поверхность из оцинкованной стали. С помощью тепловизора получены термограммы, представленные на рисунке.



а б

Рисунок. Термограммы: пластины из оцинкованной стали (а); пластины, покрытые белой порошковой краской (б)

Поток излучения, фиксируемый тепловизором, складывается из потока собственного излучения тела и из потока отраженного излучения сторонних объектов:

$$\Phi_{изм} = \Phi_{соб} + \Phi_{отр}. \quad (1)$$

Исходя из этого, используя закона Стефана-Больцмана и расписывая тепловые потоки, можно выразить искомую степень черноты объекта:

$$\varepsilon_{об} = \frac{\varepsilon_{изм} T_{эт}^4 - T_{отр}^4}{T_{об}^4 - T_{отр}^4}, \quad (2)$$

где $\varepsilon_{изм}$ – степень черноты эталонной поверхности, выставленная в настройках тепловизора; $T_{эт}$ и $T_{об}$ – температуры эталонной и исследуемой поверхностей по показаниям тепловизора, К; $T_{отр}$ – температура сторонних источников излучения, К.

Степени черноты исследуемых поверхностей, рассчитанные по формуле (2), составили:

– для оцинкованной стали $\varepsilon_{оц.\,ст.} = 0{,}32$ с относительной погрешностью 15%;
– для белой порошковой краски $\varepsilon_{бел.} = 0{,}98$ с относительной погрешностью 7%.

Для того чтобы обеспечить высокую степень излучения во время работы светильника, т.е. в ночные часы, и при этом ограничить поглощаемое солнечное излучение в дневные часы, корпус светильника и радиатор рекомендуется покрыть белой порошковой краской.

В результате проведенных исследований теплового режима экспериментального образца светодиодного улично-дорожного светильника было установлено, что максимальная температура корпуса светоизлучающих диодов составляет 60°С. Для уменьшения перепадов температур между элементами конструкции светильника рекомендовано использовать теплопроводные клеи и пасты и увеличить количество винтов в креплении электронных плат.

Таким образом, в работе был обоснован выбор пассивной воздушной системы охлаждения светодиодного светового прибора, проведен ее расчет и приведены рекомендации по выполнению оребрения. Также экспериментально был определен коэффициент черноты белой порошковой краски, которой рекомендуется покрывать корпус-радиатор светильника. Помимо этого, было проведено экспериментальное исследование теплового режима экспериментального образца светодиодного улично-дорожного светильника повышенной мощности и надежности, в ходе которого было установлено, что температуры элементов конструкции не превышают допустимых значений. Даны рекомендации по уменьшению перепадов температур между элементами конструкции светильника.

Литература

1. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре: Учебник для вузов по спец. «Конструир. и произв. радиоаппаратуры». – М.: Высшая школа, 1984. – 247 с.
2. Зигель Р., Хауэлл Дж. Теплообмен излучением. – М.: Мир, 1975. – 934 с.
3. Ковалев А.В., Федчишин В.Г., Щербаков М.И. Тепловидение сегодня // Специальная техника. – 1999. – № 3. – С. 13–18; 1999. – № 4. – С. 19–23.
4. Ройзен Л.Н., Дулькин И.Н. Тепловой расчет оребренных поверхностей. – М.: Энергия, 1977. – 256 с.

Овчинникова Ольга Юрьевна
Год рождения: 1989
Естественнонаучный факультет,
кафедра интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере, группа 6709
Направление подготовки:
230400 Информационные системы и технологии
e-mail: nancy-oi@ya.ru

УДК 659

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОБРАБОТКИ ЗАЯВОК КЛИЕНТОВ УСЛУГ «АВАНГАРД» ОАО «РОСТЕЛЕКОМ»

О.Ю. Овчинникова
Научный руководитель – к.т.н., доцент И.В. Петров

На сегодняшний день телекоммуникации являются неотъемлемой частью жизни общества. Большинство людей не могут представить свою жизнь без таких средств связи, как телефон и Интернет. Спектр средств и технологий связи постоянно расширяется, с ним растет и количество компаний, предоставляющих свои услуги в это области. Успешность ведения бизнеса в этой области заключается в привлечении клиентов, расширении клиентской базы и сохранении их лояльности. Одним из механизмов, призванных отлаживать эффективность взаимодействия с клиентами, является служба технической поддержки. Техподдержка – сервисная структура, разрешающая проблемы пользователей с предоставляемыми компанией услугами [1]. В этой связи необходимо тщательно продумывать способ организации этой службы.

Целью работы являлось усовершенствование модели службы технической поддержки с помощью методологии ITSM (IT Service Management, управление ИТ-услугами), разработка математической модели системы массового обслуживания.

Для достижения заданной цели были поставлены следующие задачи:

- изучить теоретический материал по теме работы;
- рассмотреть и сравнить существующие модели организации технической поддержки;
- подробно рассмотреть реализованную в «Ростелекоме» модель технической поддержки;
- спроектировать новую модель технической поддержки на основе текущей с помощью методологии ITSM;
- разработать математические модели систем массового обслуживания для нескольких подразделений службы технической поддержки.

В работе использовались следующие методы и средства исследования: анализ, сравнение, инновационный метод (были внесены изменения в используемую модель организации службы технической поддержки в предприятии).

Для выбора модели организации службы технической поддержки нужно провести анализ некоторых факторов, от которых зависит выбор организационной структуры, например, количество клиентов компании, спектр предоставляемых услуг, наличие сторонних компаний-арендодателей контента, оборудования и каналов связи, материальные ресурсы компании – площадь, денежные средства, и прочие факторы. В первую очередь, выбранная модель должна быть экономически выгодной. В настоящее время в большинстве компаний реализован технологический подход к организации службы технической поддержки, но в последнее время предлагаются новые варианты, к

примеру, внедрение методологии ITSM, которая является подмножеством библиотеки ITIL (Information Technologies Infrastructure Library, библиотека управления ИТ-инфраструктурой), она реализует процессный подход к оказанию IT-услуг.

В рамках технологического подхода к организации службы технической поддержки основная деятельность компании направлена на решение технических проблем, внедрение новых технологий, совершенствование и развитие существующих, в то время как процессный подход рекомендует сосредоточиться на клиентах, их потребностях и желаниях, на услугах, предоставляемых пользователю самими информационными технологиями. Процессный подход экономически оправдывает свою направленность, поскольку клиенты являются основным источником прибыли компаний, и от их количества и степени удовлетворенности качеством обслуживания зависит успешность компании в той или иной сфере предоставления услуг.

В ходе анализа предметной области было выяснено, что в настоящее время много компаний переходит на новый стандарт организации службы технической поддержки услуг – ITL/ITSM. Неоднократно доказано практическим опытом, что применение этой методологии может значительно повысить эффективность деятельности информационной службы. ITIL является общедоступной и открытой, т.е. сертификация информационной службы на соответствие ITIL не ведется, каждый руководитель информационной службы волен брать из этой методологии то, что ему необходимо, использовать в оригинальном или в измененном виде [2].

Чтобы наглядно показать работу элементов технической поддержки, необходимо спроектировать модели системы массового обслуживания. С помощью этих моделей можно проанализировать поведение системы, меняя различные входные параметры и получая в зависимости от этого различные выходные. В том числе, можно выяснить, сколько операторов требуется для работы в системе при заданном среднем времени поступления заявок и обработки их операторами, делая прогоны системы и основываясь на полученных выходных данных.

В результате анализа процессов оказания технической поддержки пользователям услуг «Авангард» ОАО «Ростелеком» были выявлены некоторые недостатки в организации данной службы и ее взаимодействии с субподрядными компаниями. Также, отмечено несколько плюсов, которые будут учтены при реорганизации структуры службы поддержки услуг.

Техническая поддержка в ОАО «Ростелеком» строится на базе трехуровневой модели [3]. Первый уровень – прием, регистрация обращений в информационной системе с выделением обращений, связанных с неработоспособностью предоставляемых услуг для оказания технической поддержки. Совместное с абонентом выполнение типовых проверок и решение типовых проблем в зоне ответственности абонента, препятствующих полноценному потреблению услуг абонентом. Второй уровень – уровень координации. Диагностика работоспособности услуги средствами мониторинга и диагностики. Анализ технического состояния оборудования и линий связи. Устранение неисправностей, не требующих выезда на объекты связи или на площадку абонента. Формирование задания на третий уровень для организации работ по локализации и устранению неисправности на оборудовании и линиях связи. Третий уровень – уровень диспетчеризации по организации, с выездом на объекты связи, проверки оборудования и линий связи по зонам ответственности и проведения работ по устранению выявленных повреждений в нормативные сроки. Каждый из трех уровней могут содержать более чем одно структурное подразделение и (или) функциональную группу для обеспечения возможности разделения потока заявок по технологиям доступа, типам услуг, зонам обслуживания. Функционал второго и третьего уровня

может быть совмещен в одном структурном подразделении и (или) функциональной группе для оптимизации загрузки персонала при малых объемах заявок.

С помощью инновационного метода исследования описана новая модель организации службы технической поддержки, основываясь на некоторых рекомендациях библиотеки ITIL и методологии ITSM. Для реализации всех процессов ITSM была предложена реорганизация структуры и описан функционал для формирования новых отделов.

Был выбран метод математического моделирования процесса оказания услуг технической поддержки. С помощью метода имитационного моделирования была разработана математическая модель системы массового обслуживания с дисциплиной обслуживания – FIFO («First In First Out» – «первым пришел – первым ушел»), которая позволяет проводить анализ поведения системы в зависимости от некоторых критериев на входе [4]. Разработанные модели позволяют наблюдать за поведением разных подразделений технической поддержки, подавая на вход различные входные параметры:

- количество операторов (или инженеров);
- емкость накопителя (в общем случае – бесконечна);
- среднее значение интервалов времени между поступлением обращений (заявок);
- среднее значение времени обработки обращения (заявки).

Оценке подлежат следующие выходные параметры:

- коэффициент использования системы;
- среднее время ожидания заявки в очереди;
- среднее время пребывания заявки в системе;
- среднее по времени число требований в очереди;
- среднее по времени число требований в системе;
- абсолютная пропускная способность;
- относительная пропускная способность.

Заключение. В результате выполненной работы была усовершенствована модель службы технической поддержки услуг «Авангард» ОАО «Ростелеком». Разработана новая модель службы технической поддержки, основываясь на некоторых принципах методологии ITSM, которая является подмножеством библиотеки ITIL и описывает процессный подход к предоставлению услуг.

Также, с помощью имитационного моделирования системы массового обслуживания получены модели, по которым можно анализировать поведение системы технической поддержки при заданных входящих параметрах.

Литература

1. Правила оказания услуг связи по передаче данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://www.ptn.ru/pubsas/test--438DC37A11C4BE18678054B58A4893B/index.html, своб.
2. Что такое ITIL и ITSM? Просто о сложном [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://blog.compuservice.kz/chto-takoe-itil-i-itsm-prosto-o-slozhnom/, своб.
3. Положение о распределении зон ответственности и взаимодействии подразделений филиала при оказании технической поддержки абонентов – физических лиц услуг Triple Play Петербургского филиала ОАО «Ростелеком». – СПб: ОАО «Ростелеком», 2011. – 54 с.
4. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем: Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.

Оразбек Асел
Год рождения: 1988
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевых технологий, кафедра технологии молока и пищевой биотехнологии, группа 6ТМ
Направление подготовки:
260100 Технология продуктов питания
e-mail: ms.laseule@mail.ru

УДК 637

РАЗРАБОТКА СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ НИЗКОЛАКТОЗНОГО СЛИВОЧНОГО МОРОЖЕНОГО ДЛЯ ЛЮДЕЙ СТРАДАЮЩИХ, САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ

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

Государственный контракт № И130603/02/20102012.

Одним из перспективных направлений является разработка технологий модифицированных и комбинированных молочных продуктов с регулируемым углеводным составом, используемых для питания больных сахарным диабетом, лиц с избыточной массой тела, больных с непереносимостью лактозы.

Для решения данной проблемы одним из рациональных путей является расширение ассортимента и, как вариант, разработка технологии низколактозного сливочного мороженого для диабетиков.

Мороженое пользуется высоким потребительским спросом практически во всех странах мира, что объясняется не только его высокими вкусовыми качествами, но и пищевой и биологической ценностью.

В работе были рассмотрены следующие задачи:

- определение дозы внесения заменителя сахара;
- исследование влияния массовой доли топинамбура на показатели качества низколактозного сливочного мороженого;
- определение стадий внесения ферментного препарата в-галактозидазы в ходе технологического процесса производства мороженого;
- осуществление выбора и дозы внесения компонентов растительного происхождения, таких как пектин, мука, сыворотка и декстринмальтоза;
- разработка схемы технологического процесса низколактозного сливочного мороженого;
- установление сроков годности продукта.

Анализом полученных экспериментальных данных установлены требования к низколактозному сливочному мороженому, как к группе продуктов, соответствующих сливочному мороженому запахом и консистенцией, со сбалансированным составом и повышенной пищевой ценностью лечебно-профилактического назначения.

Исследовано влияние применения пищевых добавок функционального назначения стевиозида и декстринмальтозы на устойчивость технологического процесса и потребительские показатели и выявлено, что при внесении 0,02% стевии, и 4,5% декстринмальтозы достигнуты высокие показатели по органолептическим показателям.

Обосновано соотношение молока цельного и топинамбура, а также установлена доза внесения топинамбура в количестве 3% от массы смеси, позволяющая получить продукт высокого качества.

Исследована эффективность использования различных компонентов растительного происхождения, улучшающих консистенцию мороженого для людей, страдающих сахарным диабетом. Установлены оптимальные дозы внесения пектина в количестве 0,2%, стабилизатора 0,3%, рисовой муки в количестве 1%, сухой подсырной сыворотки в количестве 3%.

Выявлены стадии внесения ферментного препарата, позволяющие провести гидролиз лактозы до 80% по 2 вариантам:

1. при температуре 37–40ºС перед созреванием, продолжительность выдержки 4 ч;
2. при температуре 4–6ºС в процессе созревания, продолжительность выдержки 12 ч.

Разработан состав и технология низколактозного сливочного мороженого, соответствующий современным принципам здорового питания по углеводному составу.

Новый продукт по сравнению со сливочным мороженым характеризуется пониженной калорийностью, улучшенными диетическими свойствами за счет более сбалансированного углеводного состава, пониженного содержания лактозы.

На основании экспериментальных исследований по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям установлены сроки годности сливочного диабетического мороженого до 8 месяцев. Однако, руководствуясь методикой расчета сроков годности (гигиеническая оценка сроков годности пищевых продуктов), сроки годности низколактозного сливочного мороженого установлены до 6 месяцев.

Литература

1. Арсеньева Т.П. К чему приводит лактозная недостаточность // Молочная промышленность. – 2010. – № 7. – С. 28–29.
2. Донская Г.А., Захарова Е.В. Молочный напиток с топинамбуром // Молочная промышленность. – 2010. – № 10. – С. 3.
3. Lamy P. What is left of lactose intolerance? // Ann.Gastroent. Hepatol. – 2000. – V. 26. – № 2. – P. 61–65.

Родионова Мария Михайловна
Год рождения: 1989
Естественнонаучный факультет, кафедра интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере, группа 6709
Направление подготовки:
230400 Информационные системы и технологии
e-mail: rodionovam.m@yandex.ru

УДК659

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ ДЛЯ РЕСУРСА ПО РУССКОМУ ЯЗЫКУ «ГРАММАТИКА ДЛЯ УМНЫХ»

М.М. Родионова
Научный руководитель – к.п.н., доцент Ю.О. Валитова

Введение. Современную систему образования невозможно представить без использования информационных технологий. Они используются как для организации деятельности учащихся на занятиях, так и при организации самостоятельной работы. Но наиболее эффективным является использование электронных образовательных ресурсов при организации дистанционного обучения. Благодаря развитию интернета и современных методов общения и обмена данными, становится возможным создавать и применять в обучении новые способы обучения, такие как электронные конспекты, энциклопедии, тесты, глоссарии, анкеты, виртуальные лаборатории и т.д.

Система образования России активно начала внедрять новые возможности существующих методик и технологии обучения в свою практическую деятельность. Следует отметить, что эффективность внедрения новых информационных технологий в образовательный процесс учебных заведений всех уровней определяется их методической обоснованностью. Именно поэтому электронные образовательные ресурсы, имеющие в своей основе уже апробированные и внедренные методики и выполненные под контролем педагога-методиста, позволяют добиться более высоких результатов при использовании в учебном процессе при реализации различных форм обучения.

Содержательная часть. Методика обучения русскому языку, разработанная Т.М. Бутолиной, реализуема в средних общеобразовательных учебных заведениях Санкт-Петербурга с середины 80-х годов XX века. Два года назад Т.М. Бутолиной было принято решение о реализации этой методике в дистанционной форме. Для этого был разработан цифровой образовательный ресурс, основанный на авторской методике, и позволяющий осуществлять дистанционной обучение.

Важно понимать, что электронный образовательный ресурс (ЭОР) и учитель сегодня несравнимы. Учитель может ответить (почти) на любой вопрос, в том числе – неудачно сформулированный. Причем ответ будет дан с учетом подготовленности конкретного ученика.

Для имитации наличия интеллекта, знаний учителя у машины и решения, таким образом, множества сложных задач, создаются экспертные системы.

Для поиска решения по увеличению эффективности использования ЭОР в учебном процессе очень важным является следующее заключение Д.А. Поспелова: «Мы хотим отметить, что ядром всех основных типов рассмотренных

интеллектуальных систем являются база знаний (БЗ) и блок, осуществляющий вывод с помощью знаний (решатель, планировщик или логический блок). Этот вывод составляет основную процедуру, реализуемую в интеллектуальных системах» [5].

Потребность повысить эффективность процесса обучения с использованием ЭОР по русскому языку «Грамматика для умных», основанного на авторской методике Т.М. Бутолиной, свидетельствует об актуальности магистерской диссертации.

В связи с вышесказанным объектом исследования является обучение русскому языку по методике Т.М. Бутолиной.

Предмет исследования – БЗ для ЭОР «Грамматика для умных».

Целью работы являлось – спроектировать и реализовать базу знаний для электронного образовательного ресурса по русскому языку «Грамматика для умных».

Для достижения цели необходимо было решить следующие задачи:

- проанализировать источники информации по теме исследования;
- сформировать типовой образовательный маршрут;
- проанализировать существующие модели представления знаний, выбрать наиболее подходящую модель для решения поставленной задачи;
- представить знания в выбранной форме представления (формализовать знания);
- спроектировать БЗ;
- реализовать БЗ;
- протестировать БЗ и внести коррективы.

Заключение. Следует отметить, что спроектированная и реализованная БЗ для ЭОР «Грамматика для умных», не только соответствует всем требованиям, предъявляемым к системам такого уровня, но и основывается на опробованной методике обучения русскому языку Т.М. Бутолиной, готова к внедрению в электронный образовательный ресурс «Грамматика для умных» и, следовательно, цель работы достигнута.

Литература

1. Методические материалы по разработке электронных образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ftemk.mpei.ac.ru/ctl/DocHandler.aspx?p=pubs/eer/title.htm, своб.
2. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб: Питер, 2000. – 384 с.
3. Полетаева Е.В. Принципы построения базы знаний информационной системы машиностроительного производства. – Тверь: ТГТУ, 2010. – 136 с.
4. Митрофанов Г.Ю. Экспертные системы в процессе обучения. – М.: ЦНТИ гражданской авиации, 1989. – 32 с.
5. Поспелов Д.А. Моделирование рассуждений. Опыт анализа мыслительных актов. – М.: Радио и связь, 1989. – 182 с.
6. Портал искусственного интеллекта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.aiportal.ru/articles/expert-systems/development-step5.html, своб.
7. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера. – 6-е изд, стер. – СПб: Лань, 2009. – 400 с.
8. Попов Э.В., Фоминых И.Б., Кисель Е.Б., Шапот М.Д. Статические и динамические экспертные системы: Учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 320 с.
9. Джексон П. Введение в экспертные системы: Учебное пособие: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2001. – 624 с.

10. Рокотян И.С., Хачатурова Е.А. Разработка баз знаний на основе экспертной системы EXSYS. – М.: МЭИ, 1998. – 28 с.
11. Еремеев А.П. Проектирование экспертных систем средствами инструментальной системы GURU. – М.: МЭИ, 1996. – 52 с.
12. Еремеев А.П., Чибизова Н.В. Инструментальные средства конструирования экспертных систем. – М.: МЭИ, 2002. – 100 с.
13. Горбатов В.А. Интеллектуальные информационные технологии и стратегии (состояние и перспективы). – М.: Машиностроение, 1995. – С. 35–38.
14. Советов Б.Я., Цехановский В.В., Чертовской В.Д. Базы данных: теория и практика: Учебник для ВУЗов. – М.: Высшая школа, 2005. – 463 с.
15. Максапетян А.Г. Фреймы для представления знаний. – М.: Энергия, 1979. – 200 с.
16. Мамедов Н.М. Интеллект и информационная технология. – М.: Наука, 1990. – 159 с.
17. Частиков А.П., Гаврилова Т.А., Белов Д.Л. Разработка экспертных систем. Среда clips. – СПб: БХВ-Петербург, 2003. – 393 с.
18. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Интеллектуальные информационные системы: Учебник. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 424 с.
19. Ясницкий Л.Н. Введение в искусственный интеллект: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Академия, 2005. – 176 с.
20. Осуга С. Обработка знаний. – М.: Мир, 1989. – 293 с.
21. Смолин Д.В. Введение в искусственный интеллект: конспект лекций. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 208 с.
22. Трофимов В. База данных + CLIPS = База знаний // Компьютеры+программы. – 2003. – № 10. – С. 56–61.

Юрченко Вячеслав Александрович
Год рождения 1989
Естественнонаучный факультет, кафедра высшей математики, группа 6742
Направление подготовки:
010400 Прикладная математика и информатика
e-mail: v.yur4enko@gmail.com

УДК 608

ВЫЧИСЛЕНИЕ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ ДЛЯ МОДЕЛИ СФЕРИЧЕСКИ СИММЕТРИЧНОЙ НЕОДНОРОДНОЙ ЗЕМЛИ

В.А. Юрченко
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент И.С. Лобанов

Введение. Любое упругое тело при воздействии на него будет колебаться с определенными частотами, зависящими только от упругих свойств самого тела. Планета – тоже упругое тело, в котором в результате сильного «планетотрясения» могут начаться естественные или собственные колебания.

Амплитуда собственных колебаний в отличие от вынужденных колебаний определяется только этой энергией, а их частота – свойствами самой системы. Вследствие рассеяния энергии собственные колебания всегда являются затухающими

колебаниями. Пример собственных колебаний – звучание колокола, гонга, струны рояля и т.п.

Собственные колебания – прекрасный материал для тестирования принятой модели Земли. Они могут быть вычислены заранее, теоретически, или получены путем наблюдений. Сопоставление теоретических и наблюдательных данных дает нам основание принять решение о правильности или ошибочности принятой модели. Главная трудность – наблюдение низкочастотных колебаний. Как известно, ускорения, вызванные вертикальными колебаниями грунта, пропорциональны квадрату частоты и колебания с периодом несколько десятков минут, практически недоступны современным сейсмографам.

На данный момент для понимания внутренней структуры Земли большой интерес представляет изучение сферической несимметричности Земли. Это может быть сделано по теории возмущения, пользуясь аналогами формулы Крейна, путем анализа реакции собственных колебаний на добавление локального возмущения. Для этого метода необходимо явно знать значение собственных функций невозмущенного состояния. В силу того, что раньше такая задача никем не ставилась и не была реализована, то она является первоочередной задачей на пути анализа сферически несимметричной Земли.

Прямое решение для сферически несимметричной Земли не представляется возможным по причине математической сложности расчета и объема, необходимых для решения данных, что делает этот метод неприемлемым для использования на среднестатистических компьютерах. В связи с этим первоначально выполним решение задачи для сферически симметричной Земли, что впоследствии поможет упростить получение результата для несимметричного варианта.

Таким образом, **целью работы** являлась реализация численных расчетов собственных функций эластических колебаний сферически симметричного тела.

Вычисление свободных колебаний

1. Разложение по сферическим функциям.

Уравнение для неоднородной Земли будет достаточно сложным, но можно разложить его по сферическим функциям (тензорам). Сферические и торсионные движения могут быть выражены через сумму сферических функций

$$s = U P_{lm} + V B_{lm} + W C_{lm} \qquad \phi = P Y_{lm},$$

где P_{lm}, B_{lm}, C_{lm}, Y_{lm} – сферические функции; U, V, W и P – собственные функции, выполняющие роль коэффициентов; s – смещение.

2. Построение земной сетки.

Определим переход к полярным координатам.

$$Y_{lm}(\theta,\phi) = \left(\frac{2l+1}{4\pi}\right)^{\frac{1}{2}} \frac{1}{2^l l!}\left[\frac{(l-|m|)!}{(l+|m|)!}\right]^{1/2} \times (\sin\theta)^{|m|}\left(\frac{1}{sin\theta}\frac{d}{d\theta}\right)^{l+|m|}(\sin\theta)^{2l}$$

$$\times \begin{cases} \sqrt{2}\cos m\phi & -l \le m < 0 \\ 1 & m = 0 \\ \sqrt{2}\sin m\phi & 0 < m \le l \end{cases}$$

$$P_{lm}(\theta,\phi) = \hat{r} Y_{lm}(\theta,\phi)$$

$$B_{lm}(\theta,\phi) = k^{-1}\nabla_1 Y_{lm}(\theta,\phi)$$

$$C_{lm}(\theta,\phi) = -k^{-1}(\hat{r}\times\nabla_1) Y_{lm}(\theta,\phi),$$

где безразмерный касательный вектор $\nabla_1 = \ddot{\theta}\partial_\theta + \ddot{\phi}(sin\theta)^{-1}\partial_\phi$

$$\hat{r}\times\nabla_1 = -\ddot{\theta}(sin\theta)^{-1}\partial_\phi + \ddot{\phi}\partial_\theta$$

$$k = \sqrt{l(l+1)}.$$

Получившуюся сетку достаточно определить один раз и сохранить результаты в файл.

3. Вычисление собственных функций.

Для вычисления собственных функций воспользуемся уравнением, выведенным из уравнения Ламе:

$$-\omega^2\rho s - \left(k+\frac{1}{3}\mu\right)\nabla(\nabla\cdot s) - \mu\nabla^2 s - \left(\dot{k}-\frac{2}{3}\dot{\mu}\right)(\nabla\cdot s)\hat{r} - 2\dot{\mu}\left(\partial_r s + \frac{1}{2}\hat{r}\times(\nabla\times s)\right) + (4\pi G\rho^2 s_r)\hat{r}$$
$$+ \rho\nabla\phi + \rho g(\nabla s_r - (\nabla\cdot s + 2r^{-1}s_r)\hat{r}) = 0$$

После подстановки разложения s в линеаризованное уравнение движения получим систему уравнений:

$$r^{-2}\frac{d}{dr}\left(r^2\left(k+\frac{4}{3}\mu\right)\dot{U} + \left(k-\frac{2}{3}\mu\right)r(2U-kV)\right) + r^{-1}\left(\left(k+\frac{4}{3}\mu\right)\dot{U} + \left(k-\frac{2}{3}\mu\right)r^{-1}(2U-kV)\right)$$
$$- 3kr^{-1}\left(\dot{U}+2r^{-1}U-kr^{-1}V\right) - k\mu r^{-1}\left(\dot{V}-r^{-1}V+kr^{-1}U\right) + \omega^2\rho U$$
$$- \rho\left(\dot{P}+(4\pi G\rho-4gr^{-1})U+kgr^{-1}V\right) = 0$$

$$r^{-2}\frac{d}{dr}\left(\mu r^2\left(\dot{V}-r^{-1}V+kr^{-1}U\right)\right) + \mu r^{-1}\left(\dot{V}-r^{-1}V+kr^{-1}U\right) + k\left(k-\frac{2}{3}\mu\right)r^{-1}\dot{U}$$
$$+ k\left(k+\frac{1}{3}\mu\right)r^{-2}(2U-kV) + (\omega^2\rho-(k^2-2)\mu r^{-2})V - k\rho r^{-1}(P+gU) = 0$$

$$\ddot{P} + 2r^{-1}\dot{P} + k^2r^{-2}P = -4\pi G\dot{\rho}U - 4\pi G\rho(\dot{U}+r^{-1}(2U-kV))$$

$$r^{-2}\frac{d}{dr}\left(\mu r^2\left(\dot{W}-r^{-1}W\right)\right) + \mu r^{-1}\left(\dot{W}-r^{-1}W\right) + (\omega^2\rho-(k^2-2)\mu r^{-2})W = 0.$$

По всем сферическим функциям по r находим разложение по базису, находим коэффициенты разложения по полному сферическому базису. По r разложение не бралось, здесь остается зависимость по нему, а по всем остальным угловым координатам будет переход к сферическому базису, вся зависимость от r, которая остается, находится из этих уравнений.

Составим матрицу коэффициентов H.

$$\begin{pmatrix} H_{UU} & H_{UV} & H_{UP} & H_{UW} \\ H_{VU} & H_{VV} & H_{VP} & H_{VW} \\ H_{PU} & H_{PV} & H_{PP} & H_{PW} \\ H_{WU} & H_{WV} & H_{WP} & H_{WW} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} U \\ V \\ P \\ W \end{pmatrix} = \omega^2\begin{pmatrix} U \\ V \\ P \\ W \end{pmatrix}.$$

Рассмотрим определение матрицы H_{ij} на примере H_{UU}. Первый индекс здесь U, значит, будем работать с первым уравнением системы. Второй индекс указывает на то, какие составляющие уравнения необходимы нам для матрицы.

По такому же принципу вычисляются остальные H_{ij}.

Все уравнения системы являются дифференциальными уравнениями второго порядка. Для их решения можем использовать метод конечных разностей.

В этом случае, для крайних элементов матриц H_{ij} необходимо будет использовать граничные условия.

Из системы уравнений видно, что некоторые составляющие матрицы H всегда будут нулевыми. Так, матрица H принимает вид

$$\begin{pmatrix} H_{UU} & H_{UV} & H_{UP} & 0 \\ H_{VU} & H_{VV} & H_{VP} & 0 \\ H_{PU} & H_{PV} & H_{PP} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & H_{WW} \end{pmatrix}.$$

Собственные функции матрицы H и есть требуемый результат.

4. Компьютерная реализация метода.

Разработанная программа позволяет не привязываться к конкретным уравнениями системы. Для этого был создан модуль синтаксического разбора уравнений и автоматического построения матрицы коэффициентов. Это позволяет пробовать различные уравнения без необходимости внесения изменений в программу.

Разбору уравнений предшествует считывание параметров модели. Это сделано для проверки определенности всех используемых параметров системы.

По команде пользователя начинается обработка данных. Первоначально происходит построение сетки модели Земли, так как она не будет претерпевать изменений в процессе расчета собственных функций. По этой причине полученная сетка сохраняется и не потребует дальнейшего пересчета. Далее производится вычисление собственных функций. Массив полученных данных также сохраняется. После этого модуль визуализации считывает данные из обоих массивов, преобразует их в формат данных VTK (visualization toolkit – используется для рендеринга модели Земли) и производит отображение.

Заключение. Полученные результаты являются новыми: в частности, впервые реализован программный комплекс для расчета собственных функций сферически симметричной модели Земли для любого распределения слоев с возможностью визуализации и сохранения полученных результатов.

Полученные результаты могут быть применены в следующих задачах:

- исследование актуальной задачи сферически несимметричной Земли;
- определение параметров напряжения по скорости распространения волн;
- анализ параметров напряженности для прогнозирования землетрясений.

Литература

1. Dahlen F.A., Tromp J. Theoretical Global Seismology // Princeton University Press. – 1998. – 1025 p.
2. Kovach R.L., Anderson D.N. Study of the Energy of the Free Oscillations of the Earth // Journal of geophysical research. – 1967. – V. 72. – № 8. – P. 2155–2168.
3. Федорюк М.В. Волновое уравнение Ламе // УМН. – 1989. – Т. 44. – Вып. 1 (265). – С. 123–144.
4. Lee W., Kanamori H., Jennings P. International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology // Academic Press. – 2002. – P. 1233–1239.
5. Kennett B. Seismic Wave Propagation in Stratified Media. – Cambridge: Cambridge University Press, 1983. – 342 p.
6. Кузнецов В.В. Анизотропия свойств внутреннего ядра Земли // Успехи Физических Наук. – 1997. – Т. 167. – № 9. – С. 1001–1012.

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

Аргунова Вера Михайловна
Год рождения: 1988
Факультет точной механики и технологий,
кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии, группа 6663
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: avera_88@mail.ru

УДК 004.932.7

АЛГОРИТМЫ СОВМЕЩЕНИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ДАННЫХ В ТОМОГРАФИИ В СРЕДЕ MATLAB

В.М. Аргунова
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.О. Казначеева

В настоящее время существует целый ряд томографических методов, построенных на различном физическом принципе и дающих взаимодополняющую информацию об исследуемом объекте. Объединение достоинств различных методов чаще реализуется путем совмещения томограмм. Актуальной задачей является разработка программного средства, позволяющего эффективно совмещать различные по характеристикам наборы исходных данных.

Ряд программных пакетов для совмещения медицинских изображений, такие как PercuNav (Philips) позволяют совмещать изображения мягких тканей для различных модальностей (УЗИ, МРТ и др.), выполнять 3D-визуализацию. Система AcQSim (Philips) ориентирована на задачи лучевой терапии, позволяя одновременно отображать сосудистые, мягкотканные и костные структуры. В среде MATLAB Image Fusion совмещение изображений объединено с устранением шума на основе вейвлет-анализа данных с выбранным уровнем разложения. Анализ рассмотренных программных пакетов и методик совмещения позволил выявить ряд характерных недостатков, основным из которых является возможность их применения для конкретного вида исследования. Одновременно указанные пакеты накладывают ряд ограничений на входные данные (идентичность пространственного разрешения, положения объекта в плоскости изображения и т.д.).

В данной работе был предложен алгоритм совмещения мультимодальных данных, который может применяться для широкого круга задач и учитывает преобразования, необходимые для каждого из сочетаний совмещаемых данных. Выполняемые преобразования зависят от модальности, плоскости среза, взвешенности МР-изображений.

Анализ существующих методов поиска границ применительно к томограммам показал, что наилучший результат достигается с помощью детектора Канни. Качество сегментации оценивалось с помощью показателей чувствительности и избирательности, значения которых лежат в диапазоне [0, 1].

Чувствительность – коэффициент, отражающий количество верно сегментированных пикселей объекта:

$$SN = \frac{[TP]}{[TP+FP]}, \quad (1)$$

где *TP* – верно определенные пиксели; *FP* – пиксели, отнесенные к классу, но не принадлежащие к нему; [ ] – обозначает операцию подсчета количества элементов.

Избирательность – коэффициент, отражающий количество верно сегментированных пикселей фона:

$$SP = \frac{[TN]}{[TN+FN]}, \quad (2)$$

где TN – верно найденные не принадлежащие классу пиксели; FN – не определенные пиксели, которые согласно эталону должны принадлежать классу.

Количественная оценка сегментации томограмм выполнялась для различных типов входных данных и для Т1 ВИ головного мозга чувствительность составила 73,3%; для Т2 ВИ – 95%. Избирательность для всех случаев была близка к 1.

Совмещение экспериментально полученных КТ-, ПЭТ- и МР-томограмм различной взвешенности выполнено в пакете MATLAB. Томограммы головного мозга и брюшной полости были получены на различном оборудовании и имели отличающиеся пространственное разрешение, матрицы и поле сканирования.

Предлагаемый в работе алгоритм совмещения учитывает характеристики входные данные на основе анализов DICOM-тегов. В общем случае он включает шаги считывания DICOM-тегов и матрицы, определение пространства поиска, выполнение необходимых яркостных и пространственных преобразований.

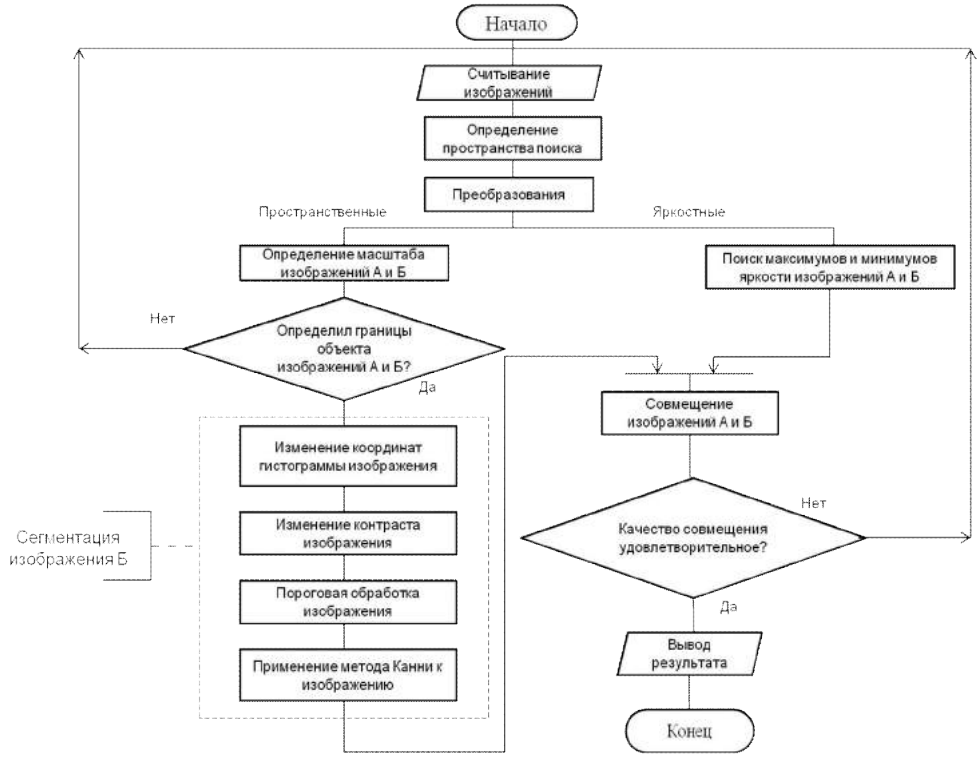
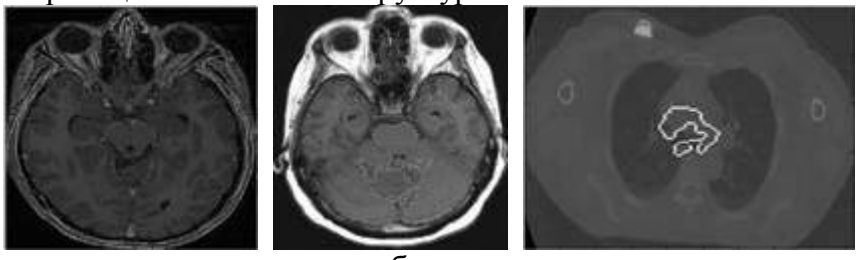


Рис. 1. Алгоритм совмещения изображений с сегментацией методом Канни

Апробация алгоритма выполнена для различных наборов данных (рис. 2). В каждом из наборов входных данных одно изображение обрабатывалось методом Канни для выделения границ анатомических структур или области активности.



а б в

Рис. 2. Результат совмещения МР- и КТ-изображений (а); МР-изображений различной взвешенности ПЭТ (б) и КТ-томограмм брюшной полости (в)

Отдельные требования предъявляются в случае последовательного совмещения двух изображений, например, двух отделов позвоночника. В этом случае необходимо ввести дополнительные шаги в алгоритм совмещения. В работе предлагалось использование бинарных масок, где значение 1 присваивалось пикселям на границе тел позвонков. Применение морфологических операций позволило создать маску для костных структур и устранить границы прочих тканей, ошибочно выделенных на МР-изображениях.

а б в г

Рис. 3. Совмещение МР-томограмм позвоночника: исходные изображения (а, б); бинарная маска (в); результат совмещения (г)

Таким образом, совмещение томограмм на основе детектора Канни и выбора преобразований с использованием анализа DICOM-тегов позволяет расширить требования к входным данным и объединить достоинства различных томографических методов.

Литература

1. Babalola K.O., Patenaude B., Aljabar P. et. al. An evaluation of four automatic methods of segmenting the subcortical structures in the brain // Neuroimage. – 2009. – V. 47. – № 4. – P. 1435–1447.
2. Raylmana R.R., Majewskib S., Lemieuxa S. et. al. Initial tests of a prototype MRI-compatible PET imager // Nuclear instruments and methods in physics research A. – 2006. – V. 569. – P. 306–309.
3. Kotsas P., Malasiotis S., Strintzis M. et. al. A fast and accurate method for registration of MR images of the head // International Journal of Medical Informatics 52. – 1998. – V. 182. – P. 167–182.

Балгайракова Аида Саяновна
Год рождения: 1988
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа 6110
Направление подготовки:
230100 Информатика и вычислительная техника
e-mail: aida.balgairakova@hotmail.com

УДК 004.89

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МЕТОДОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗНАНИЙ В БОЛЬШИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

А.С. Балгайракова
Научный руководитель – к.т.н., доцент И.А. Бессмертный

Рассмотрена проблема устранения комбинаторной сложности задачи логического вывода в виде механизма навыков. Исследованы временные характеристики баз знаний, использующих интеллектуальные навыки, и предложен метод обеспечения актуальности навыков в условиях изменчивости базы фактов.

Основой многих современных систем интеллектуальной обработки информации являются машины логического вывода. Примерами таких систем являются экспертные системы, системы поддержки принятия решений, интеллектуальные поисковики, логические агенты. Именно в таких системах используется продукционная модель, которая является довольно привлекательной в силу компактности и простоты представления знаний. Основным препятствием применения продукционной модели является экспоненциальный рост сложности логического вывода при увеличении глубины вложенности правил.

Логический вывод с применением механизма навыков позволяет устранить необходимость углубления по дереву поиска, избегая использования повторяющихся фрагментов. Радикально ускорить извлечение фактов можно при условии запоминания результатов применения правил в предыдущих обращениях к базе знаний в виде вторичных фактов. В работе показано, как механизм навыков позволяет не только устранить необходимость углубления по дереву поиска при повторном решении задачи, но существенно сократить даже время первой резолюции цели, поскольку дерево решений может содержать большое число повторяющихся фрагментов, спуск в которые может быть заменен обращением к прецеденту.

Однако создание базы прецедентов означает расширение состава аксиом и влечет за собой проблему противоречивости базы знаний в условиях динамически изменяющегося мира. В работе предложена концептуальная модель базы знаний, позволяющая контролировать актуальность прецедентов. Актуальность прецедентов обеспечивалась за счет использования базы связей, хранящей индексы прецедентов, связанных с первичным фактом.

В работе представлено исследование среднего времени создания, извлечения, проверки истинности, удаления прецедентов в зависимости от числа первичных фактов в базе знаний в двух средах. Особое место в диссертации отводится сравнению двух сред (Jena, SWI-Prolog), с целью выявления преимуществ и недостатков каждой из них.

Экспериментальная оценка производительности метода с извлечением данных из веб-ресурсов показало схожие результаты измеренных времен при увеличении числа первичных фактов в сравнении с тестовой моделью. Исследование извлечения

информации из веб-ресурсов подтвердило возможность использования реальных данных для логического вывода с применением механизма навыков.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что антропоморфный подход к построению баз знаний с применением механизма интеллектуальных навыков позволяет устранить экспоненциальный рост сложности логического вывода в продукционной модели знаний. Полученные результаты подтверждают практически линейный рост всех измеренных времен при увеличении числа первичных фактов.

Литература

1. Бессмертный И.А. Управление интеллектуальными навыками в базах знаний // Теория и системы управления. – СПб, 2011. – Т. 75. – С. 48–56.
2. Бессмертный И.А., Балгайракова А.С., Ковбаско Д.В. Исследование вывода на основе прецедентов для базы знаний в среде Jena // Научно-технический вестник КазНТУ. – Алматы: КазНТУ, 2012. – Т. 90. – Вып. 2. – 74 с.
3. Пинжин А.Е. Реализация системы логического вывода на основе структурных функциональных моделей для ряда логических исчислений // Материалы международной конференции «Программные системы: теория и приложения (PSTA-2009)». – Переславль-Залесский, 2009. – С. 38–44.

Бондаренко Александр Геннадьевич
Год рождения: 1989
Естественнонаучный факультет, кафедра интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере, группа 6709
Направление подготовки:
230400 Информационные системы и технологии
e-mail: sanja-bond@yandex.ru

УДК 608

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДОКУМЕНТООБОРОТА ДЛЯ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ПО ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ НИУ ИТМО

А.Г. Бондаренко
Научный руководитель – к.п.н., доцент Ю.О. Валитова

Введение. Одной из важных проблем любого предприятия является организация делопроизводства. Документационное обеспечение управления сегодня стало важнейшим инструментом эффективного управления. В современном обществе взаимосвязи между органами государственного управления и предприятиями, с одной стороны, и частными лицами – с другой, а также предприятиями между собой осуществляются с помощью обмена документацией, в которой фиксируются все важнейшие управленческие решения.

Система автоматизации документооборота, система электронного документооборота (СЭДО) – автоматизированная многопользовательская система, сопровождающая процесс управления работой иерархической организации с целью обеспечения выполнения этой организацией своих функций. При этом предполагается, что процесс управления опирается на человеко-читаемые документы, содержащие инструкции для сотрудников организации, необходимые к исполнению.

Основные принципы электронного документооборота:

- однократная регистрация документа, позволяющая однозначно идентифицировать документ;
- возможность параллельного выполнения операций, позволяющая сократить время движения документов и повышения оперативности их исполнения;
- непрерывность движения документа, позволяющая идентифицировать ответственного за исполнение документа (задачи) в каждый момент времени жизни документа (процесса);
- единая (или согласованная распределенная) база документной информации, позволяющая исключить возможность дублирования документов;
- эффективно организованная система поиска документа, позволяющая находить документ, обладая минимальной информацией о нем;
- развитая система отчетности по различным статусам и атрибутам документов, позволяющая контролировать движение документов по процессам документооборота и принимать управленческие решения, основываясь на данных из отчетов.

Цель работы – проектирование системы автоматизации документооборота (САД) для научно-методического центра по воспитательной работе (НМЦ по ВР) Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики (НИУ ИТМО). При работе над системой были выделены основные задачи: проанализировать источники информации по теме исследования; изучить аналоги; изучить специфику работы научно-методического центра по воспитательной работе НИУ ИТМО и особенности документооборота в нем; изучить средства разработки; спроектировать систему управления документооборотом; частично реализовать систему автоматизации документооборотом.

В исследовательской части обоснована актуальность разработки и произведен обзор аналогов. Было рассмотрено четыре аналога: система электронного документооборота Directum; система автоматизации делопроизводства и электронного документооборота «Дело»; программы документооборота DocsVision и «1С: Документооборот 8», сравнение проводилось по 90 критериям. Определены существующие варианты реализации СЭД и обоснован выбор одного из них. Сформулировали требования к САД НМЦ по ВР НИУ ИТМО. Спроектирована система документооборота.

Новизна полученных результатов:

1. определены требования к САД, автоматизирующего делопроизводство в НМЦ по ВР НИУ ИТМО;
2. спроектирована система автоматизации документооборота с учетом требований НМЦ по ВР НИУ ИТМО.

Практическая ценность работы. Рекомендации по внедрению.

1. Работа разрабатывалась для НМЦ по ВР, в котором и будет внедряться.
2. Применение системы может быть расширено на подразделения, занимающиеся аналогичной деятельностью.

Заключение. В ходе выполнения работы, были сделаны следующие выводы:

- исходя из рассмотренных библиографических источников, был проведен анализ предметной области, а также документооборота. Был проведен обзор систем автоматизации документооборота;

- были проведены анализ и оценка аналогов, в результате анализа наиболее лучшей системой практически по всем параметрам показала себя программа документооборота DocsVision., поэтому как аналог системы выбрана программа документооборота DocsVision;
- на этапе проектирования была полностью рассмотрена специфика работы научно-методического центра по воспитательной работе НИУ ИТМО и особенности документооборота в нем;
- разработана архитектура создаваемого ресурса. Продуманы роли пользователей и их уровень доступа к системе;
- в результате анализа технического задания были выбраны технические средства реализации и определена модель, при помощи которой будет создана система;
- проектирование системы документооборота выявило характеристику основных функций и их перечисление, а также концептуальную схему работы системы, при помощи нотации IDEF0;
- концептуальная модель данных отражает структуру базы данных и позволяет начать процесс разработки;
- был разработан пользовательский интерфейс ресурса с подробным описанием всех функций в нем;
- в ходе работы над реализацией системы была выполнена работа по созданию модуля согласования документов;
- создана и протестирована база данных системы;
- программно реализованы интерфейсы, разработан дизайн интерфейсов, проведены доработки и изменения, по части удобства использования системы.

Литература

1. Захаркина О.И., Гусятникова Д.Е. Кадровая служба предприятия: делопроизводство, документооборот и нормативная база: практическое пособие. – М.: Изд. Омега-Л, 2008. – 261 с.
2. Саттон М.Дж.Д. Корпоративный документооборот: принципы, технологии, методология внедрения. – СПб: Азбука, Бизнес-Микро, 2003. – 446 с.
3. Шапошников И.В. Самоучитель HTML4. – СПб: БХВ-Петербург, 2001. – 288 с.
4. Макконнелл С. Совершенный код. Мастер-класс: Пер. с англ. – М.: Издательство «Русская Редакция»; СПб: Питер, 2007. – 896 с.
5. Веллинг Л., Томпсон Л. Разработка веб-приложений с помощью PHP и MySQL. – 4-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2009. – 848 с.
6. Мазуркевич А., Еловой Д. PHP: настольная книга программиста. – М.: Новое знание, 2009. – 480 с.
7. Колисниченко Д. PHP 5/6 и MySQL 6. Разработка Web-приложений. – СПб: БХВ-Петербург, 2009. – 416 с.
8. MySQL Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/MySQL, своб.
9. Кузнецов С.Д. Введение в СУБД: Ч. 6, 7 // СУБД. – 1996. – № 2–3. – С. 130–140, 136–148.
10. Дронов В.А. JavaScript в Web-дизайне. – СПб: БХВ-Петербург, 2005. – 880 с.
11. JavaScript [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/JavaScript, своб.
12. Пратт Т., Зелковиц М. Языки программирования: разработка и реализация / Под общ. ред. А. Матросова. – 4-е изд. – СПб: Питер, 2002. – 688 с.
13. Функциональная методика IDEF0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://www.intuit.ru/department/se/devis/6/3.html, своб.
14. Захарова И.Г. Информационные технологии в образовании: Учебное пособие для студентов высших педагогических учебных заведений. – 3-е изд., стереотип. – М.: Академия, 2007. – 192 с.
15. Официальная документация phpMyAdmin [Электронный ресурс]. – URL: http://www.phpmyadmin.net, своб.
16. Смирнова И.Н. Начала Web-дизайна. – СПб: BHV, 2003. – 256 с.
17. Кузнецов С.Д. Доступ к базам данных с использованием технологии WWW // СУБД. – 1996. – № 5–6. – С. 4–9.
18. Раден Н. Данные, данные и только данные // ComputerWeek-Москва. – 2004. – № 8. – С. 28.
19. Положение о научно-исследовательской работе студентов высших учебных заведений. – Режим доступа: http://www.msta.ac.ru/web2/naukan/nirs/common.aspx, своб.

Борисова Лидия Алексеевна
Год рождения: 1988
Естественнонаучный факультет, кафедра интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере, группа 6709
Направление подготовки:
230400 Информационные системы и технологии
e-mail: la.borisova@yandex.ru

УДК 608

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ АВТОМАТИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА АКТИВНОСТИ АСПИРАНТОВ

Л.А. Борисова
Научный руководитель – к.т.н., доцент И.В. Петров

Введение. Научная деятельность аспирантов контролируется в ходе выполнения ими индивидуального плана. При этом проводятся аттестации, порядок которых определяется высшим учебным заведением (ВУЗ), с целью контроля выполнения индивидуальных учебных планов и обеспечения защиты диссертаций в срок.

Процесс контроля научной деятельности можно усовершенствовать, используя современные информационные технологии. В информационно-образовательной среде кафедры интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере (ИТГС) Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики (НИУ ИТМО) реализован компонент мониторинга активности аспирантов, позволяющий частично автоматизировать сбор и обработку информации о работе аспирантов. Оценка активности аспирантов с помощью данного компонента производится на основе балльно-рейтинговой системы.

Балльно-рейтинговая система вводится в основном для вовлечения университета в Болонский процесс, но роль аспирантуры в Болонском процессе на данный момент не определена. Высокий суммарный рейтинг не обязательно означает, что аспирант защитит диссертацию в срок, но имеющуюся рейтинговую систему можно усовершенствовать, разработав векторную модель оценки. На основе полученных векторных оценок можно будет классифицировать аспирантов в зависимости от

предполагаемой вероятности защиты диссертации в срок. В теории принятия решений такая проблема относится к задачам классификации альтернатив.

Многокритериальное оценивание и классификация альтернатив характеризуются высокой вычислительной сложностью, поэтому является актуальной разработка алгоритма, на основе которого можно будет автоматизировать решение этих задач. Исходными данными будут формализованные критерии, показатели активности аспирантов, весовые коэффициенты показателей и классы решений, а результатами, предъявляемыми на выходе – векторные оценки и классификация.

Проблема, решаемая в ходе данной работы, заключалась в исследовании способов автоматизации мониторинга активности аспирантов и целесообразности их применения в рамках информационной системы кафедры.

Содержательная часть. Во многих ВУЗах России функционируют информационные системы, с помощью которых решаются задачи автоматизации управления научно-исследовательской работой аспирантов. Реализации различаются и зависят от специфики работы аспирантов в том или ином ВУЗе. В одной из систем статистика активности аспирантов представлена в графическом виде, и аспиранты распределяются по кластерам в зависимости от суммы набранных баллов. В другой системе применяется векторная модель оценки: в рамках каждого критерия выделяются показатели результативности и соответствующие им веса, и система оценки эффективности работы аспиранта визуализирована в виде «Полосы прогресса».

Для усовершенствования компонента мониторинга активности аспирантов информационной системы кафедры ИТГС следует добавить в него функции, позволяющие анализировать результаты мониторинга. К критериям оценки добавляются весовые показатели (предполагается определять их экспертным методом), характеризующие влияние вида деятельности на вероятность защиты диссертации в срок.

Модель многокритериальной оценки в общем виде можно описать с помощью функции:

$$r = f(L, A, W, M, p), \quad (1)$$

где L – критерии, соответствующие видам деятельности, которыми могут заниматься аспиранты; A – набор характеристик (показателей), по которым оцениваются (сравниваются) объекты (в данном случае – аспиранты); W – весовые коэффициенты характеристик; $M = f(A, W)$ – математический аппарат обработки собранных данных; p – количество оцениваемых характеристик в каждом объекте.

К компонентам r обычно выдвигаются следующие требования: L должны быть известны заранее; A должен быть достаточно полным и в тоже время быть не избыточным, чтобы соответствовать своему назначению, доступным по каждому объекту, и не допускать неоднозначной интерпретации; M и W не должны вызывать сомнений. Они должны быть известны всем участникам процесса, как гарантия доверия к создателям модели оценки и результатам.

Так как существуют количественные шкалы оценок по критериям, можно сформировать вектор, составляющие которого соответствуют группам критериев и вычисляются по формуле:

$$V_i = \sum w_{ij} \cdot c_{ij}, \quad (2)$$

где V_i – составляющая вектора (группа критериев); w_{ij} – вес j-го показателя i-й группы критериев; c_{ij} – количественное значение j-го показателя i-й группы критериев.

Для классификации альтернатив (в данном случае – аспирантов) в теории принятия решений существуют различные методы. Поскольку при оценке активности аспирантов крайне проблематично давать точную количественную информацию,

наиболее целесообразным подходом будет вербальный анализ решений. В данном случае все альтернативы, которые необходимо классифицировать, известны, и поэтому целесообразно классифицировать только их. На решение такого типа задач направлен метод КЛАРА (КЛАссификация Реальных Альтернатив). Существует компьютерная реализация этого метода (система поддержки принятия решений).

Можно реализовать подобную систему поддержки принятия решений в рамках существующего компонента мониторинга активности аспирантов. На рисунке представлена модель данных компонента, необходимая для реализации нового функционала.

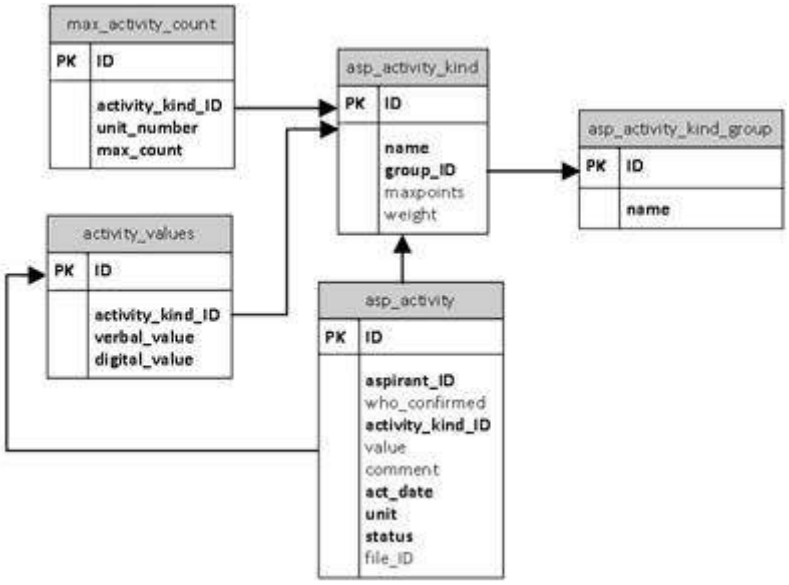


Рисунок. Модель данных компонента

Модели, представленные в работе, могут быть использованы в качестве основы проектных решений. Однако для утверждения проекта и начала реализации на кафедре должна быть четко определена система оценки активности аспирантов.

Заключение. В ходе работы был проанализирован процесс мониторинга активности аспирантов; были рассмотрены и проанализированы подходы к автоматизации этого процесса в различных учебных заведениях. Рассмотрены возможности усовершенствования компонента мониторинга активности аспирантов информационной системы кафедры ИТГС НИУ ИТМО. Создана модель процесса мониторинга с учетом возможности обработки результатов, описан математический аппарат обработки результатов, рассмотрен метод классификации альтернатив, который может быть использован при разработке системы поддержки принятия решений, направленной на прогнозирование вероятности защиты аспирантом диссертации в срок. Разработана модель данных компонента, в рамках которого может быть реализован новый функционал. Полученные модели предлагается использовать для разработки новых проектных решений в рамках информационной системы кафедры.

Литература

1. Ганеева Ж.Г. Определение понятия мониторинга в различных сферах его применения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.lib.csu.ru/vch/8/2005_01/006.pdf, своб.

2. Касевич В.Б., Светлов Р.В., Петров А.В., Цыб А.А. Болонский процесс в вопросах и ответах. – СПб: СПбГУ, 2004. – 108 с.
3. Ларичев О.И. Вербальный анализ решений. – М.: Наука, 2006. – 181 с.
4. Остапенко Л.А., Миронос А.А., Бедный Б.И. Система мониторинга подготовки аспирантов как инструмент анализа эффективности аспирантских программ // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2011. – № 6 (1). – С. 20–26.
5. Власова А.Г., Гридина Е.Г., Насадкина О.Ю. Удаленная персонифицированная система личных профилей аспирантов как инструмент информационно-аналитического обеспечения процесса подготовки научных кадров в вузе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.informika.ru/files/smi/2/grinas_2.pdf, своб.

Валов Павел Михайлович
Год рождения: 1989
Естественнонаучный факультет, кафедра высшей математики, группа 6742
Направление подготовки:
010400 Прикладная математика и информатика
e-mail: valov.pm@gmail.com

УДК 608

СИТУАЦИОННО-ЦЕЛЕВОЙ КОНТРОЛЬ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ

П.М. Валов
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.В. Потехин
(Санкт-Петербургский государственный политехнический университет)

В процессе работы было необходимо разработать мультиагентную систему, управляющую распределением, потреблением и учетом электроэнергии в коммунальном энергохозяйстве, объединяющем в себе множество частных потребителей, используя теорию ситуационно-целевого контроля мультиагентной системы.

Для решения поставленной задачи была разработана модель потребления электроэнергии и модель оптимизации потребления электроэнергии мультиагентной системы. Была разработана иерархическая структура мультиагентной системы, позволяющая наиболее эффективно перераспределять электроэнергию между агентами системы и внутри мультиагентных групп. Был разработан общий алгоритм работы системы, описывающий инициализацию системы, инициализацию интеллектуальных агентов системы и общий процесс взаимодействия агентов в рабочей среде. Особое внимание было уделено разработке алгоритмов перераспределения электроэнергии в мультиагентных подгруппах системы и алгоритмов разрешения внештатных ситуаций, возникающих в системе.

Эффективность разработанной мультиагентной системы была сопоставлена с эффективностью работы классической централизованной системы управления распределением и потреблением электроэнергии. Во всех произведенных экспериментах распределенная система показывала значительно более высокие результаты, чем классические системы, доказывая эффективность применения мультиагентных систем в данной предметной области. Результаты эксперимента представлены в таблице и на рис. 1–4.

Таблица. Сравнение результатов экспериментов

	Централизованное управление			Мультиагентное управление		
Номер эксперимента	Минимум	Максимум	Среднее	Минимум	Максимум	Среднее
1	1	1	1	2	9	5,2
2	3	11	6,8	3	19	11,4
3	1	4	2	2	11	7,5
4	9	12	10,6	9	20	14,2

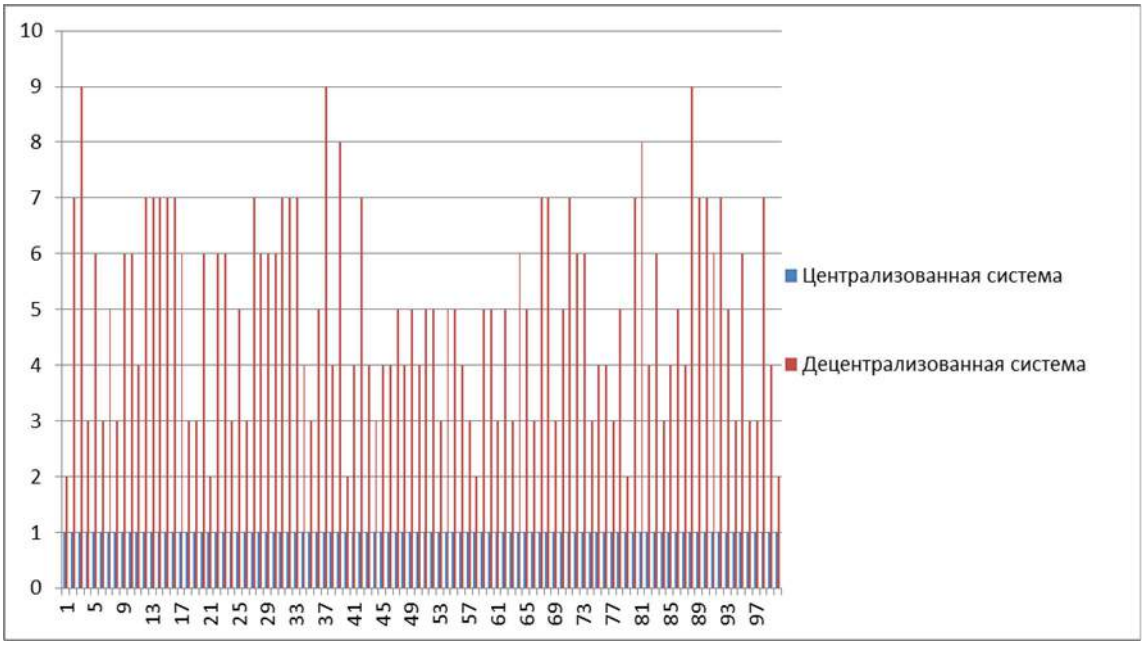


Рис. 1. Количество выходов из строя каналов передачи электроэнергии, необходимое для потери доступа к магистральной электроэнергии хотя бы одного потребителя электроэнергии системы

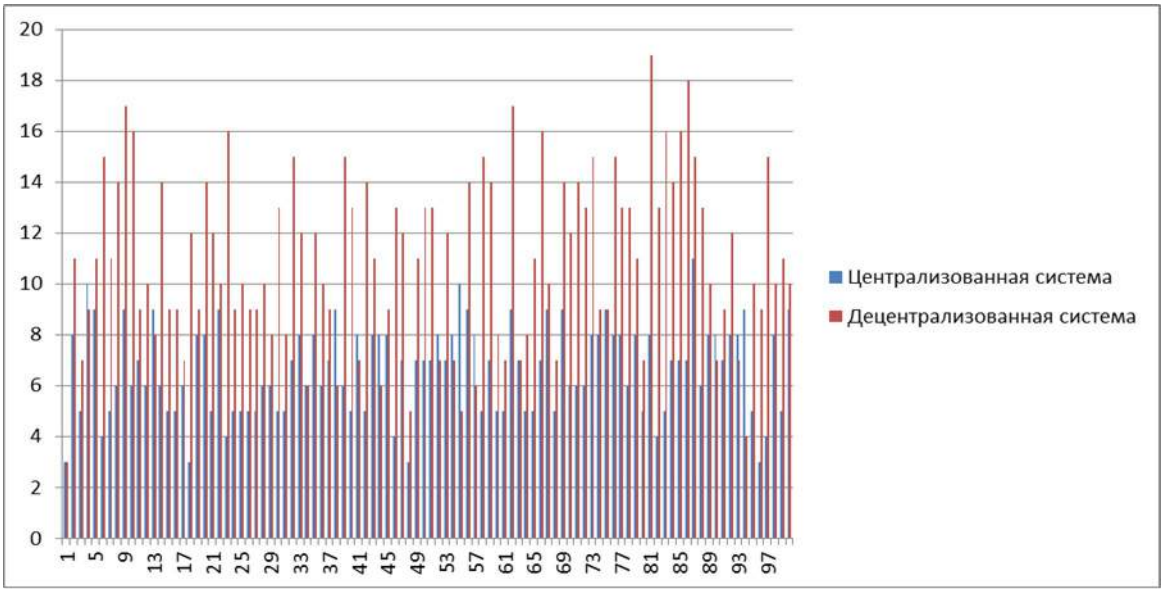


Рис. 2. Кол-во выходов из строя каналов передачи электроэнергии, необходимое для потери доступа к магистральной электроэнергии всех потребителей электроэнергии системы

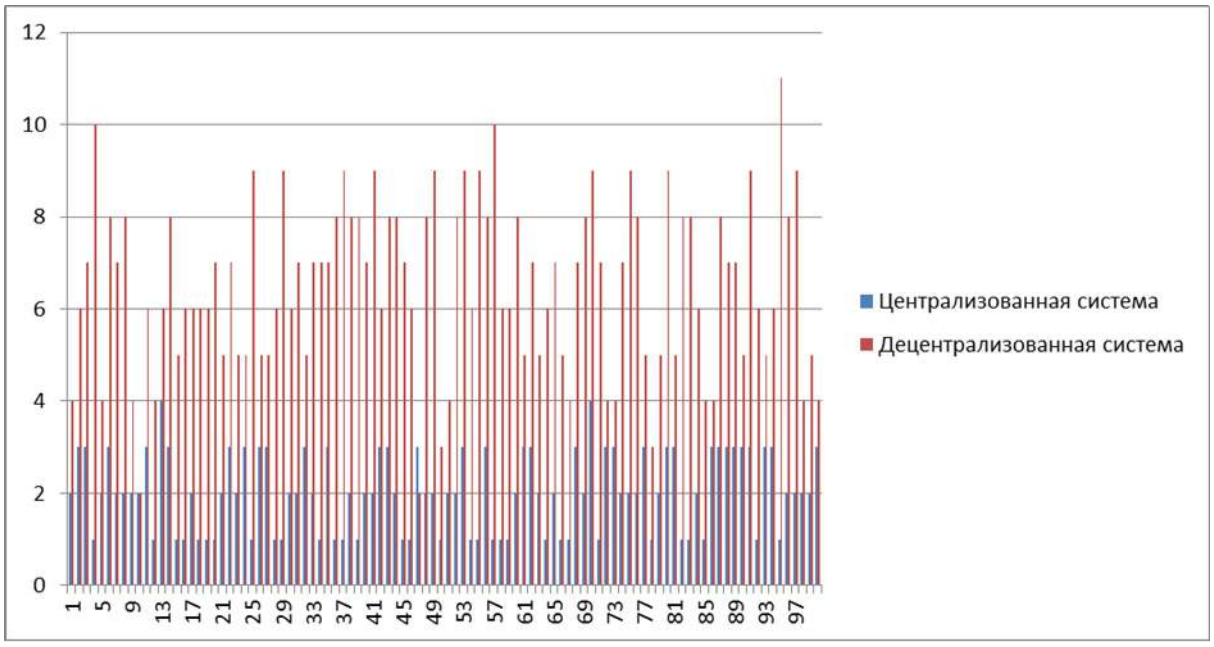


Рис. 3. Кол-во выходов из строя каналов передачи электроэнергии, необходимое для потери доступа к магистральной электроэнергии хотя бы одного потребителя электроэнергии системы, при условии наличия не возобновляемой альтернативной электроэнергии в системе

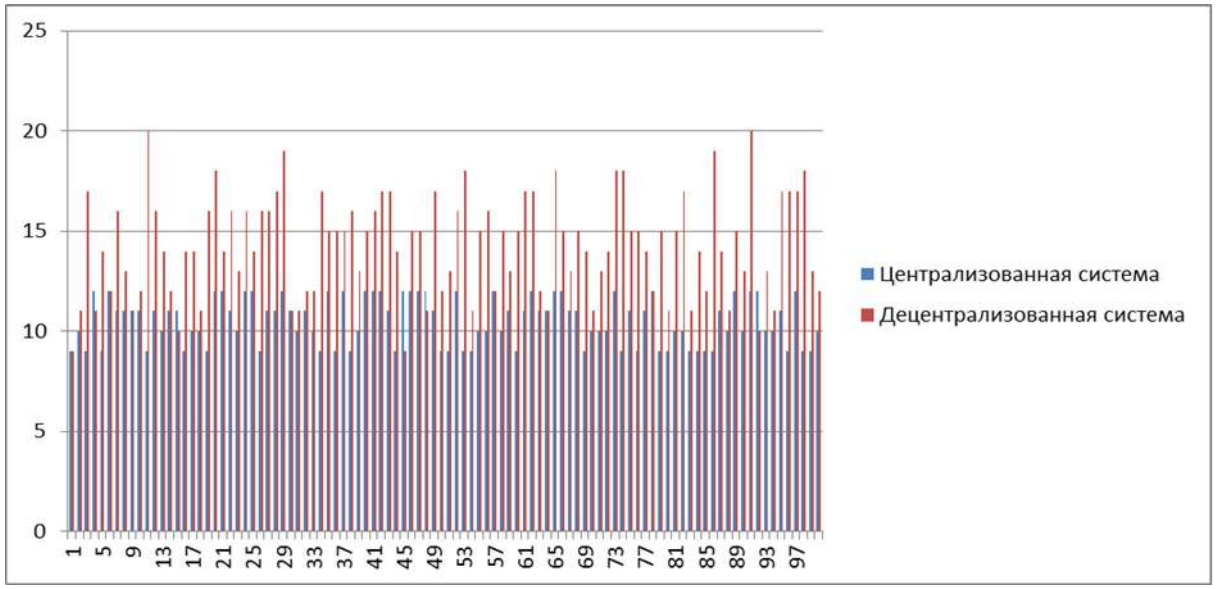


Рис. 4. Кол-во выходов из строя каналов передачи электроэнергии, необходимое для потери доступа к магистральной электроэнергии всех потребителей электроэнергии системы, при условии наличия не возобновляемой альтернативной электроэнергии в системе

Литература

1. Arsen’ev D.G., Shkodirev V.P. Collective robot control strategy on the basis of situation-target planning // Southern Federal University. Technical sciences. – 2010. – № 3.
2. Russell Stuart J., Norvig Peter. 2003. Artificial Intelligence: A Modern Approach. – 2-d ed. – Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003.
3. Settembre G.P. A multi-agent approach to situation assessment. – University of Rome, «La Sapienza», 2007.

4. Nagendra Prasad M.V., Lesser V.R. Learning Situation-Specific Coordination in Cooperative Multi-agent Systems // Autonomous Agents and Multi-Agent Systems. – 1999. – V. 2. – P. 173–207.
5. Craig A.K. Automatically Generating Abstractions for Problem Solving. – PhD Thesis. Carnegie Mellon University, 1991.
6. Asadpour M., Ahmadabadi M.N., Siegwart R. Heterogeneous and Hierarchical Cooperative Learning via Combining Decision Trees // Proceedings of the 2006 IEEE/RSJ. International Conference on Intelligent Robots and Systems. – Beijing, China, 2006.
7. Michael Wooldridge. An Introduction to Multiagent Systems. – 2-d ed. – John Wiley & Sons Ltd, 2002.
8. Valov P.M., Kovalevsky V.E., Shkodyrev V.P., Potekhin V.V. Distributed situation-specific control in prevention of emergency situations in continuous manufacturing // Proceedings of Distributed Intelligent System and Technology Workshop. – St. Petersburg, Russia, 2011. – P. 63–72.

Васильев Евгений Юрьевич
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологии, кафедра технологии приборостроения, группа 6659
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: xronik11@yandex.ru

УДК 67.05

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНО-СБОРНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Е.Ю. Васильев
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Валетов

В работе был рассмотрен процесс создания универсально-сборных приспособлений (УСП) в программном комплексе Pro/ENGINEER, были освещены инструменты и модули, которые помогают при разработке параметрических моделей деталей комплекта УСП. Были даны рекомендации по построению и управлению групповыми деталями.

Комплект УСП разрабатывался и совершенствовался на длительном промежутке времени, начиная еще с нормалей машиностроения: МН 3655-62 и МН 3833-62, в которых описывались данные детали. С момента разработки первоначальных деталей УСП прошло более 50 лет и встает вопрос о модернизации и адаптации УСП под современные реалии, сейчас некоторые современные станки имеют закрепляющие приспособления, соединенные с ЭВМ и возможностью объединения в единую сеть для обмена данными. На рисунке приведен пример разработанного универсально-сборного приспособления.

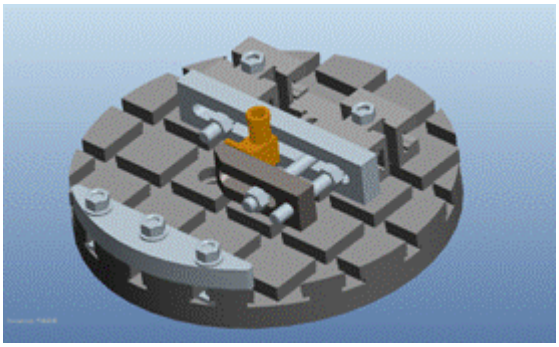


Рисунок. Разработанное универсально-сборное приспособление

На данный момент в Российской Федерации отменены нормативные документы, устанавливающие вид деталей комплектов УСП, таких как базовые элементы, вспомогательные и прочие. Нормативные документы, действующие в настоящий момент в Российской Федерации ограничиваются двумя документами: ГОСТ 31.111.41-93 и ГОСТ 31.111.42-83. Данные документы регламентируют основные нормы точности и основные конструктивные элементы. Большинство работ по созданию комплектов УСП сводятся к оцифровке ранее разработанных деталей. Разработка новых деталей УСП и их адаптация к современным условиям – работа, требующая внимания, так как без соответствующей технологической оснастки будет затруднено современное производство.

Литература

1. Кузнецов В.С. Пономарев В.А. Система универсально-сборных приспособлений в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1971. – 170 с.
2. Черпаков Б.И. Технологическая оснастка. – М.: Академия, 2003. – 288 с.
3. Курмаз Л.В., Курмаз О.Л. Конструирование узлов и деталей машин. – М.: Высшая школа, 2007. – 455 с.

Воробьев Анатолий Сергеевич
Год рождения: 1988
Факультет точной механики и технологии, кафедра технологии приборостроения, группа 6657
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: anatoliy.vorobyev@gmail.com

УДК 004.415.2.031.43

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК ОКСИДА ЦИНКА В ИЗДЕЛИЯХ АКУСТОЭЛЕКТРОНИКИ

А.С. Воробьев
Научный руководитель – к.т.н., доцент С.Ф. Соболев

В данной работе проведено исследование и усовершенствование технологии изготовления текстурированных пленок оксида цинка для изготовления акустоэлектронного преобразователя гиперзвуковых линий задержки.

В первой главе проведено теоретическое обоснование целесообразности использования оксида цинка для изготовления акустоэлектронного преобразователя гиперзвуковых линий задержки, а также применения для этой цели технологии

реактивного магнетронного напыления. Оксид цинка является для этого оптимальным материалом за счет своего высокого коэффициента электромеханической связи и низкого уровня затухания сигнала. Для достижения времени задержки сигнала 6,3 мкс при длине алюмоиттриевого звукопровода 15 мм (требования по задержке и габаритам определены заказчиком) необходимо достичь пьезоэффекта с преобладанием поперечных волн. Это обеспечивается ростом пленок оксида цинка под наклоном к главной оси (оптимальный угол – 42°). Для решения данной задачи оптимальной технологией является реактивное магнетронное распыление вследствие низкой температуры подложки при напылении, высокой степени адгезии и возможности влиять на направление потока заряженных частиц вдоль подложки.

Во второй главе проведено теоретическое исследование, направленное на определение наиболее перспективных путей модернизации технологического процесса. Было выяснено, что на рост наклонной текстуры пленок оксида цинка оказывает сильное влияние скорость напыления, активность адатомов на поверхности напыляемой пленки, а также направление движения потоков заряженных частиц вдоль поверхности подложки. На скорость напыления, в свою очередь, оказывают влияние сила тока и напряжение на катоде, а также состав и давление газовой смеси в рабочей камере. Активность адатомов на поверхности напыляемой пленки определяется в основном температурой подложки, а направление движения заряженных частиц вдоль поверхности подложки – структурой электромагнитной системы установки.

В третьей главе приведены результаты экспериментов по изменению параметров исследуемой технологии. Были проведены эксперименты по изменению температуры подложки, а также силы тока и напряжения на катоде. Также была усовершенствована система контроля газовой смеси. Электромагнитная система установки была признана соответствующей оптимальным требованиям для роста пленок оксида цинка с наклонной текстурой.

Эксперименты показали, что наибольшее количество годных изделий на выходе получалось при скорости напыления 3,2 Å/с и силе тока 0,25 А. При соотношение рабочих газов O_2/Ar – 3/1 это соответствует напряжению на катоде 340 В. Также была проверена возможность отрицательного влияния кислородного отжига на наклонную текстуру пленок. Данная гипотеза не подтвердилась. Таким образом, за счет изменения параметров напряжения, силы тока на катоде и стабилизации рабочего давления газовой смеси удалось значительно повысить выход годных изделий.

Дальнейшая модернизация технологии может быть связана либо с усовершенствованием установки УРМЗ 279 (установка турбомолекулярного насоса, двухканальной системы контроля газовой смеси, кварцевого датчика толщины, замена всех резиновых и пластиковых газопроводных трубок металлическими и т.д.), либо с приобретением новой установки с более высоким уровнем контроля значений технологических параметров. Для достижения максимально высоких результатов также необходимо повысить степень чистоты производственных помещений и приобрести специализированное программное обеспечение, предназначенное для моделирования реактивного магнетронного распыления, автоматизированного формирования сопутствующей технологической документации и информационной поддержки производства.

Горин Алексей Владимирович
Год рождения: 1989
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра систем управления и информатики, группа 6148
Направление подготовки:
220400 Управление в технических системах
e-mail: MLE9MR@gmail.com

УДК 007.52

НАВИГАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТРЕХКОЛЕСНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА

А.В. Горин
Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. С.В. Арановский

В данной работе ставилась задача анализа и разработки системы управления и навигации трехколесным мобильным роботом, представляющая собой совокупность трех взаимосвязанных уровней.

На первом этапе выполнения работы была получена математическая модель трехколесного мобильного робота, используемая при моделировании разработанных регуляторов и алгоритмов движения [1]. Полученная модель имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} m\dot{V} - m_1 a\Omega^2 + \frac{2n^2c^2}{r^2R}V &= \frac{nc}{rR}(U_1 + U_2) \\ J\dot{\Omega} + m_1 aV\Omega + \frac{2n^2c^2l^2}{r^2R}\Omega &= \frac{ncl}{rR}(U_1 - U_2). \end{aligned} \quad (1)$$

В виду отсутствия документации на двигатель, установленный на роботе, была произведена процедура идентификации параметров электропривода робота. Идентификация проводилась методом наименьших квадратов [2]. В ходе идентификации были получены передаточные функции используемых двигателей первого и второго порядков.

$$W(p) = \frac{0,37}{p + 1,8}. \quad (2)$$

$$W(p) = \frac{1,33}{p^2 + 5,4p + 6,9}. \quad (3)$$

Преследуя цель компенсации несимметрии электропривода, формируется первый уровень системы управления – локальные регуляторы скорости вращения двигателей. Для осуществления сравнительного анализа было разработано два различных регулятора: каскадный регулятор (внутренний контур тока и внешний контур скорости) и адаптивный локальный регулятор.

Структурная схема системы с каскадным регулятором представлена на рис. 1.

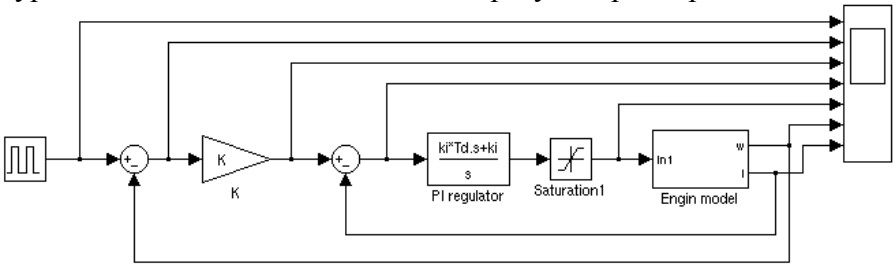


Рис. 1. Структурная схема замкнутой системы с каскадным локальным регулятором

Полученный адаптивный регулятор описывается непосредственно настраиваемым регулятором

$$u = -\lambda x - \hat{\theta} x + \lambda g \quad (4)$$

и алгоритмом адаптации

$$\dot{\hat{\theta}} = \gamma \omega b^T P e$$
$$A_M^T P + P A_M = -Q, Q \geq 0. \quad (5)$$

В ходе сравнительного анализа было установлено, что адаптивный регулятор является более предпочтительным, нежели чем каскадный. Основной недостаток каскадного регулятора заключается в большой чувствительности к вариации параметров математической модели робота. В то же время каскадный регулятор намного более прост в реализации и требует меньше памяти и системного времени контроллера [3–5].

Для определения текущего местоположения на роботе установлены: трехосевой акселерометр, трехосевой гироскоп и двухканальные энкодеры (на всех ведущих колесах). Система, осуществляющая сбор данных с датчиков и их объединение, формирует на выходе значения текущих координат робота. Слияние данных осуществляется редукционным фильтром. Данные с акселерометра и гироскопа предварительно подвергаются фильтрации в фильтре Калмана [6].

В качестве расширения данная система предусматривает подключение магнитометра, позволяющего осуществлять конечную ориентацию мобильного робота не в локальных координатах, а в глобальных. По своей структуре система является гибкой, так как осуществляет нормальное функционирование при наличии либо только энкодеров, либо только акселерометра и гироскопа, либо при наличии всех вышеуказанных датчиков.

Для обеспечения движения робота вдоль сформированной кусочно-линейной траектории сформирован второй уровень системы управления: нечеткий регулятор (регулятор, основанный на нечеткой логике). Нечеткий регулятор представляет собой базу знаний, состоящую из 25 правил, блока фаззификации и дефаззификации переменных и блока нечеткого вывода, осуществляющего расчет выходных лингвистических переменных по алгоритму Мамдани [7]. Данный регулятор предназначен для осуществления движения робота вдоль заданной кусочно-линейной траектории. Структурная схема замкнутой системы с нечетким регулятором представлена на рис. 2.

Рис. 2. Структурная схема системы с нечетким регулятором

Основой третьего уровня системы управления является алгоритм движения робота в пространстве с препятствиями. В основе разработанного алгоритма лежит идея широкоизвестного алгоритма поиска по графу A*. Отличие заключается в том, что в начальный момент времени системе управления робота не известна карта окружающего пространства. В процессе движения система управления заполняет

пробелы в карте и осуществляет перерасчет траектории с учетом обновлений на карте [8].

Для обнаружения препятствий используется система технического зрения. Работа системы состоит из следующих шагов.

1. Захват кадра.
2. Преобразование цветного изображения в изображение в градациях серого.
3. Бинаризация изображения (применение пороговой обработки).
4. Применение медианного фильтра.
5. Определение запретных областей.

Особое внимание уделено вопросу устранения избыточности изображения, состоящему из пунктов 2–4 приведенного выше списка. Преобразование цветного изображения в изображение в градациях серого осуществляется по формуле (6).

$$G_S = 0,21R + 0,72G + 0,07B. \quad (6)$$

Задача бинаризации изображения решается в двух вариантах: локальная и глобальная бинаризация. Визуальным сравнительным анализом результатов бинаризации было установлено, что локальная бинаризация обладает большей инвариантностью к освещенности изображения, чем глобальная.

Все разработанные системы были подвергнуты практическим испытаниям, в ходе которых каждая из систем подтвердила свою работоспособность. Важным достоинством уровневой организации системы управления является возможность замены любого уровня на эквивалентный ему аналог без изменения соседних уровней.

Литература

1. Бурдаков С.Ф., Мирошник И.В., Стельмаков Р.Э. Системы управления движением колесных роботов. – СПб: Наука, 2001. – 227 с.
2. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя: Пер. с англ. / Под ред. Я.З. Цыпкина. – М.: Наука, 1991. – 432 с.
3. Душин С.Е., Зотов Н.С., Имаев Д.Х., Кузьмин Н.Н. и др. Теория автоматического управления: Учебник для вузов / Под ред. В.Б. Яковлева. – М.: Высшая школа, 2003. – 567 с.
4. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: Учебн. пособие. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 464 с.
5. Тертычный-Даури В.Ю. Адаптивная механика. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Факториал Пресс, 2003. – 464 с.
6. Степанов О.А. Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации. Ч. 1. Введение в теорию оценивания. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2010. – 509 с.
7. Асаи К., Ватада Д., Иваи С. и др. Прикладные нечеткие системы: Пер. с япон. / Под редакцией Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно. – М.: Мир, 1993. – 368 с.
8. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход: Пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2007. – 1408 с.

Горячий Сергей Александрович
Год рождения: 1989
Институт холода и биотехнологий, факультет экономики и экологического менеджмента, кафедра экономики и финансов, группа 6ГПУ
Направление подготовки:
080200 Менеджмент
e-mail: trilon144@yandex.ru

УДК 338.465

КОНЦЕССИОННАЯ ПОЛИТИКА: ВЫГОДЫ И ИНТЕРЕСЫ СТОРОН

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

Модернизация российской рыночной системы, нацеленная на достижение высоких результатов по обеспечению высокой конкурентоспособности страны, предполагает не только становление и выращивание новых институциональных форм развития, но адаптацию известных исторических институтов к особенностям российской практики. Одним из таких институтов является хозяйственное партнерство государства и частного сектора – ГЧП.

Анализ мировых хозяйственных практик позволяет утверждать, что современное хозяйственное партнерство государства и частного сектора – ГЧП (public-private partnership) – это институциональный и организационный альянс между государством и частным бизнесом. Создание такого альянса эффективно для реализации масштабных, национальных и международных, общественно-значимых проектов, в широком спектре сфер деятельности – от развития стратегически важных отраслей промышленности и НИОКР до обеспечения общественных услуг [1].

При реализации общественно значимых проектов органы государственной власти и субъекты предпринимательской деятельности должны быть объединены стремлением достичь намеченной цели. Однако это сотрудничество может быть еще и взаимовыгодным.

Зарубежная практика применения ГЧП свидетельствует о повышении эффективности управления государственной и муниципальной собственностью. Многообразие форм осуществления ГЧП позволяет правильно сочетать сложные и многозначные процессы расширения и углубления сфер взаимодействия государства и бизнеса. Одной из распространенных форм ГЧП является «концессия».

Однако нельзя утверждать, что в экономической литературе осмысления практик применения ГЧП осуществлено глубоко и всесторонне.

Актуальность исследования можно определить двумя обстоятельствами:

1. отсутствием концептуального осмысления концессионных соглашений как формы ГЧП в современной России, несмотря на то, что понятие «ГЧП» впервые прозвучало примерно десять лет назад;
2. неудовлетворительным, фрагментарным теоретическим осмыслением вполне успешных отечественных практик применения концессии на различных исторических этапах развития России.

В настоящее время имеет смысл обратиться как к отечественному, так и мировому опыту концессий, поскольку его рациональное осмысление может служить положительному поиску новых форм участия государства в рыночной экономике.

Слово «концессия» (concession) означает уступку, соглашение, послабление, скидку. В общекультурном смысле оно лишено строгой предметной определенности.

Но и в юридической литературе, как отмечается, термин «концессия» – один из самых расплывчатых терминов в административном праве. Его часто употребляют для обозначения операций, в основе которых лежит разрешение, выданное администрацией по весьма разным поводам. Однако трактовка данного понятия, зачастую ограничивается неким упрощенным и пространным пониманием взаимодействия государства и бизнеса.

С экономической точки зрения «концессия» рассматривается как система отношений между государством (концедентом) и субъектом частного сектора (концессионером), возникающая в результате предоставления концедентом концессионеру прав по владению, пользованию (иногда даже распоряжению) государственной собственности за плату и на возвратной основе. Концессионные отношения могут применяться не только в управлении государственной и муниципальной собственностью, но и в отношении отдельных видов деятельности, монопольными правами на которые обладает государство [2].

Целью исследования являлось теоретико-экономическое осмысление реальных практик концессионных соглашений в российской экономике, рассматриваемых как форма государственно-частного партнерства.

Достижению цели способствовали следующие **задачи**:

- историческая реконструкция экономических трактовок концессионных соглашений;
- анализ реальных практик концессионных соглашений в новой и новейшей истории;
- анализ методов концессионной политики, определение сфер интересов государства и частного бизнеса и выявление площади их пересечения;
- применение инструментария новой институциональной теории для концептуального обобщения опыта реальных практик концессионных соглашений;
- разработка основ построения эффективной концессионной политики в рамках ГЧП для решения задач управления государственной и муниципальной собственностью при реализации общественно значимых проектов для целей модернизации.

Объект исследования – политика государства на разных исторических этапах развития российской экономики в области ГЧП.

Предмет исследования – отношения государственно-частного партнерства в форме концессий, и их применение для структурных преобразований коммунального хозяйства на современном этапе модернизации экономики.

Работа предполагает использование ряда **методов**, таких как: абстрактно-теоретического, институционально-исторического, сравнительного, а также дескриптивно-эмпирического, статистического и др.

Научно-теоретической базой исследования явились труды А.А. Алпатова, А.В. Багдасаровой, Н.И. Бухарина, В.Г. Варнавского, О.В. Ерохиной, Р.М. Жемалетдинова, Т.В. Зиминой, О. Иванова, Е.А. Каменевой, Е.Е. Китаниной, Дж.Р. Коммонса, В. Котова, А.А. Кушнарева, В.И. Ленина, Л.Э. Лимонова, И.И. Мальцевой, И.В. Митрофановой, Н.Н. Нелюбовой, А.И. Попова, А.Ф. Синяковой, Н. Свистунова, С.А. Сосна, А.А. Штоффа, Л.И. Юзвовича и др.

При проведении исследования также были использованы не переведенные на русский язык работы E. Auriol, P. Picard, E. Lobina, D. Hall и др.

Научная ценность исследования заключается в следующем:

- определены характерные черты взаимодействия государства и частных лиц при реализации общественно значимых проектов в истории России, и, которые могут быть отнесены к концессионным соглашениям, приведено обоснование данного определения;
- предложена концепция анализа эволюции концессий с точки зрения теории сделок Дж.Р. Коммонса;

– обоснована неправомерность отнесения распределения коммунальных концессий на конкурсной основе к классу конкурентных моделей;
– предложена модель распределения коммунальных концессий, основанная на принципе конкуренции и реализуемая посредством создания концессионной биржи.

Литература

1. Варнавский В.Г. Партнерство государства и частного сектора: теория и практика // Мировая экономика и международные отношения. – 2002. – № 7. – С. 28–37.
2. Варнавский В.Г. Концессионный механизм государственно-частного партнерства. – М., 2003. – 262 с.
3. Горячий С.А. Концессионная модель организации рынка коммунальных услуг // Электронный научный журнал. Экономика и экологический менеджмент. 2012. – Вып. 1. – март [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://economics.open-mechanics.com, своб.

Громов Александр Дмитриевич
Год рождения: 1986
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа 6301
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
Компьютерная оптика
e-mail: Warhammer@bk.ru

УДК 535.421

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА СИНТЕЗА ГОЛОГРАММ-ПРОЕКТОРОВ, ОСНОВАННОГО НА СЛОЖЕНИИ ПОЛЕЙ, ФОРМИРУЕМЫХ ТИПОВЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ СТРУКТУРЫ ОБЪЕКТА

А.Д. Громов
Научный руководитель – д.т.н. профессор С.Н. Корешев

Введение. В настоящее время в технологии производства полупроводниковых приборов фотолитография и связанные с нею процессы занимают едва ли не самое значительное место. В связи с этим одним из основных направлений в развитии фотолитографии является разработка методов и технологических процессов, обладающих меньшей стоимостью производства и обслуживания фотолитографического процесса. Производится упрощение конструкции фотолитографического оборудования и увеличение скорости производства. Помимо этого для ускорения производственных процессов и понижения стоимости продукции, необходимым условием является использование широких полей зрения при достаточно высоком разрешении.

Уменьшения минимального отображаемого размера изготавливаемых структур обычно добиваются путем увеличения разрешающей способности используемых для этих целей оптических систем. Традиционный метод повышения разрешения основан на увеличении апертуры объектива и уменьшении длины волны, с переходом в более коротковолновую область, где не всегда доступны оптически прозрачные материалы. В

свою очередь, это ведет к многократному усложнению и удорожанию объектива. По этой причине возникает потребность в альтернативных методах фотолитографии.

Одним из перспективных вариантов решения проблемы является использование отражательных рельефно-фазовых голограмм, так как в данном случае не используются прозрачные среды, а размер одновременно экспонируемой области полупроводниковой пластины в большей степени зависит от когерентности источников излучения и характеристик расширителей пучков, чем от полевых аберраций проекционного объектива, в качестве которого используется голограмма-проектор. Наиболее перспективными являются системы, основанные на использовании отражательной рельефно-фазовой синтезированной голограммы-проектора, рассчитываемой с помощью компьютера и отображаемой на носителе с помощью лазерного, либо электронно-лучевого генератора изображения.

Постановка задачи. Суть процесса синтеза голограммы-проектора заключалась в следующем: в компьютер вводится изображение фотошаблона, голограмму которого мы хотим получить. После чего с помощью разработанного программного комплекса осуществляется расчет голографического поля, соответствующего голограмме-проектору. В результате этого расчета определяется распределение интенсивности в плоскости синтеза голограммы. Эти данные поступают на генератор изображений. Принцип его действия основан на формировании изображения в режиме растрового либо векторного сканирования за счет взаимодействия сфокусированного его оптической системой пятна актиничного излучения с материалом носителя голограммы в точно заданных участках рабочего поля устройства. Генератор изображения создает требуемую структуру рельефа, за счет удаления фоторезиста с определенных участков апертуры изготавливаемой голограммы. Получившаяся рельефно-фазовая голограммная структура покрывается тонким слоем отражающего покрытия и используется как отражающая рельефно-фазовая голограмма-проектор. Она восстанавливается опорным пучком и формирует действительное изображение на поверхности полупроводниковой пластины, покрытой слоем фоторезиста.

Для выполнения задач по синтезу голограмм-проекторов, на кафедре прикладной и компьютерной оптики Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики был разработан программный комплекс синтеза и восстановления голограмм-проекторов. Первая версия программного комплекса была разработана в 2009 г. Она позволяла произвести процесс компьютерного синтеза и восстановления голограмм-проекторов. Но с увеличением сложности исходных объектов для синтеза, возникла потребность в модернизации комплекса посредством разработки и внедрения новых алгоритмов синтеза, с целью сокращения временных затрат и дальнейшего повышения качества результатов синтеза.

Данная работа выполнена применительно к этому программному комплексу. **Целью работы являлась** разработка, исследование и внедрение в программный комплекс нового метода синтеза голограмм-проекторов, основанного на сложении полей, формируемых типовыми элементами структуры объекта, для сокращения временных затрат на процессы синтеза и восстановления голограмм, а также для упрощения анализа и увеличения качества получаемых с помощью данных голограмм изображений.

Метод синтеза голограмм-проекторов, основанный на вычислении комплексного вектора электромагнитного поля. Одним из методов, применяемых при синтезе голограмм, является метод синтеза голограмм, основанный на вычислении комплексного вектора электромагнитного поля в каждой точке голограммы. Он с

высокой точностью описывает процессы, происходящие при регистрации реальной физической голограммы. Использование именно такого метода, вместо других приближенных методов синтеза основанных, например, на преобразованиях Фурье или Френеля, обусловлено тем, что он обладает наивысшим качеством.

Основной принцип сводится к тому, что для каждой точки голограммы вычисляется комплексная амплитуда голографического поля, которое формируется всеми точками исходного объекта. При этом считается, что объект – фотошаблон, представляющий собой, работающий на пропускание бинарный двумерный транспарант, установленный параллельно плоскости синтеза голограммы на определенном расстоянии от нее, освещается параллельным пучком когерентного излучения, нормально падающего на поверхность фотошаблона. В качестве опорной волны в рассматриваемом методе используется плоская волна, падающая под заданным углом на плоскость синтеза голограммы-проектора. Расчет распределения амплитуды объектной волны в плоскости синтеза голограммы-проектора в этом методе сводится к сложению комплексных амплитуд полей, формируемых в этой плоскости всеми точками объекта. После чего, рассчитанная для каждой точки плоскости синтеза голограммы амплитуда объектной волны складывается с амплитудой опорной волны, соответствующей этой же точки плоскости синтеза. После чего, полученная сумма амплитуд возводится по модулю в квадрат и, тем самым, определяется распределение интенсивности голографического поля, соответствующего синтезируемой голограмме-проектору.

Основным недостатком данного метода, является большой объем требуемых вычислений, особенно это касается случаев сложной структуры фотошаблона. В качестве второго существенного недостатка метода можно отметить заложенную в нем необходимость рассмотрения всей голограммы, а также всей структуры объекта целиком в процессе расчетов, что приводит к присущим методу ограничениям на размеры фотошаблона и синтезируемой голограммы-проектора, вызванным техническими возможностями современной вычислительной техники.

Метод синтеза голограмм-проекторов, основанный на сложении полей, формируемых типовыми элементами структуры объекта. Для устранения недостатков предыдущего метода синтеза, было необходимо разработать новый метод синтеза и внедрить его в комплекс синтеза и восстановления посредством его модернизации. Идея разработанного метода основана на том, что одинаковые элементы структуры исходного объекта генерируют одинаковую картину распределения комплексных амплитуд на плоскости голограммы до момента расчета их взаимной интерференции и момента наложения опорной волны.

Следовательно, если представить объект в виде набора одинаковых элементов, то останется только рассчитать распределение комплексной амплитуды для каждого типа элементов из этого набора. Такое распределение условно назовем «штампом». В дальнейшем необходимо всего лишь последовательно наложить штампы в местах голограммы, соответствующих одинаковым элементам, на которые разбит объект. В местах пересечения штампов также как и в описанном ранее методе производится сложение комплексных амплитуд. Сама операция сложения комплексных амплитуд является значительно менее ресурсоемкой, чем расчет значений комплексной амплитуды. Помимо этого при сложении можно применять дополнительные математические оптимизации. В итоге, применение данного подхода многократно сокращает время синтеза голограммы при увеличении сложности объекта, так как суммарный объем вычислений распределения комплексной амплитуды сокращается до минимума.

Заключение. В процессе выполнения работы, была проведена модернизация программного комплекса и внедрение в него, описанного выше метода. Работоспособность нового метода синтеза была проверена экспериментально. Было установлено отсутствие отрицательного влияния разработанного метода синтеза и его реализации на качество восстанавливаемого изображения.

Литература

1. Корешев С.Н., Ратушный В.П. Использование метода голографии для получения изображений двумерных объектов при решении задач фотолитографии высокого разрешения // Оптический журнал. – 2004. – Т. 71. – № 10. – С. 32–39.
2. Кольер Р., Беркхард К., Лиин Л. Оптическая голография. – М.: Мир, 1973. – 686 с.
3. Kim S.C., Kim E.S. Effective generation of digital holograms of three- dimensional objects using a novel look-up table method // Appl. Opt. – 2008. – V. 47. – P. D55–D62.

Дорошин Владимир Витальевич
Год рождения: 1989
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра электротехники и прецизионных электромеханических систем, группа 6167
Направление подготовки:
140400 Электроэнергетика и электротехника
e-mail: abgvector@gmail.com

УДК 621.3.07, 621.313.3

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ЦИФРОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

В.В. Дорошин
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Денисова

Сегодня при разработках практически во всех областях техники широко используется численное моделирование процессов, для разработки и настройки устройств электропривода также целесообразно применять методы численного моделирования. Также работа с моделями необходима для обучения студентов алгоритмам управления различными двигателями до того, как они будут готовы к работе с реальными системами. Кроме этого, сейчас активно развивается направление моделирования в режиме реального времени, когда модель управляет реальной установкой. Это позволяет производить быстрое прототипирование и настройку систем управления. Для решения такого рода задач различными компаниями создано большое количество лабораторных стендов. Как правило, это законченный программно-аппаратный комплекс, который включает в себя силовой преобразователь, управляющую плату с цифровым сигнальным процессором (ЦСП, DSP) или программируемой пользователем вентильной матрицей (ППВМ, FPGA), и специализированное программное обеспечение, такое как среды разработки, библиотеки функций для сред моделирования (например, MATLAB), готовые примеры программного обеспечения. Как правило, такие лабораторные стенды не позволяют производить моделирование в режиме реального времени, а также обладают достаточно высокой стоимостью.

В связи с этим было принято решение о разработке аналогичного лабораторного стенда, пригодного по эксплуатационным характеристикам для обучения. Данный лабораторный стенд должен обладать достаточной отказоустойчивостью, возможностью взаимодействия с компьютерными системами управления и сравнительно низкой ценой. Для формирования требований к лабораторному стенду были рассмотрены решения, предлагаемые другими компаниями. На основе анализа данных решений были сформированы требования. Затем была разработана структурная схема стенда и выбрана элементная база. Структурная схема лабораторного стенда приведена на рис. 1. Для проверки правильности выбора была разработана математическая модель стенда (рис. 2). В математической модели был реализован алгоритм прямого управления моментом асинхронного двигателя с учетом параметров силовой части привода и временных задержек при вычислении управления. В рамках моделирования были рассмотрены случаи задания скорости для ненагруженного асинхронного двигателя, а также для двигателя с установленным дополнительным моментом инерции, многократно превышающем собственный момент инерции двигателя. Результаты моделирования подтвердили правильность выбора элементной базы.

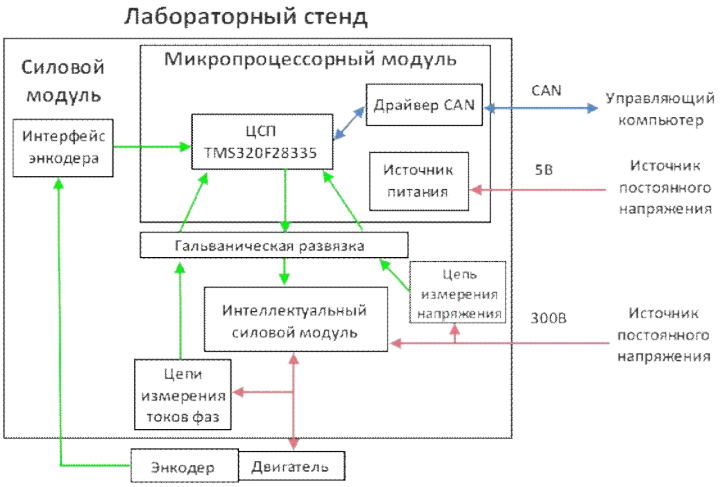


Рис. 1. Структурная схема разработанного лабораторного стенда

Для создания опытного образца была разработана следующая документация:

1. электрические принципиальные схемы модулей, входящих в состав стенда;
2. печатные платы модулей;
3. встраиваемое программное обеспечение.

На основании вышеперечисленного был создан опытный образец стенда.

Затем была произведена экспериментальная проверка результатов моделирования с теми же условиями: задание по скорости для случая с ненагруженным двигателем и с двигателем с дополнительным моментом инерции на валу.

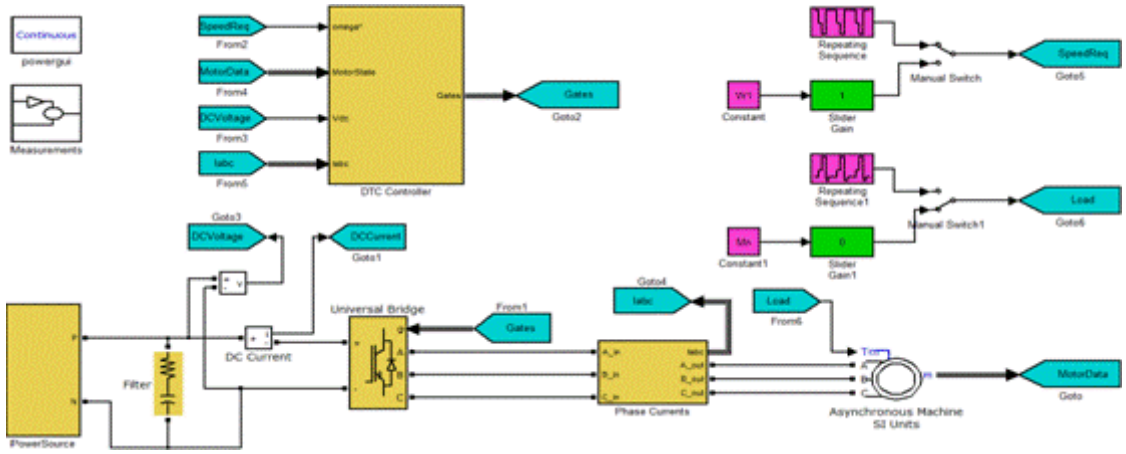


Рис. 2. Математическая модель лабораторного стенда асинхронного двигателя с прямым управлением моментом

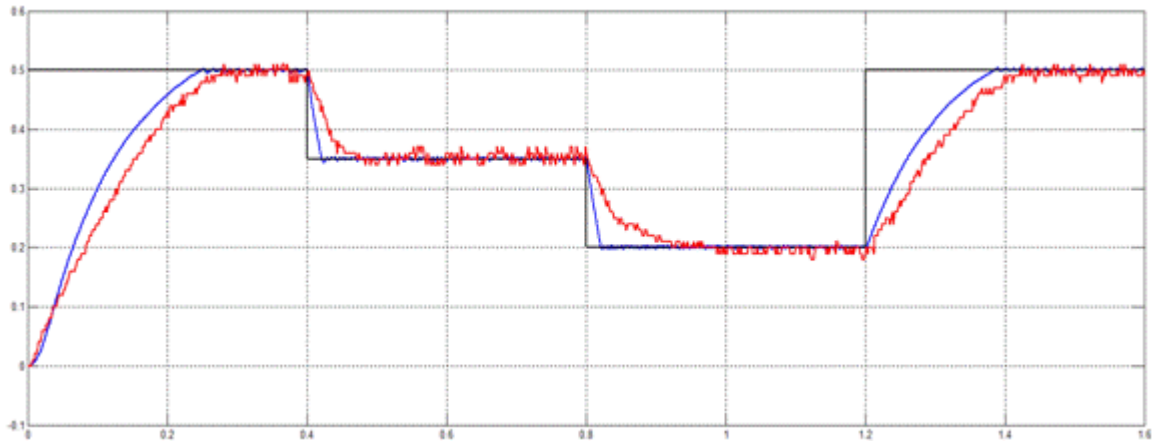


Рис. 3. График переходного процесса изменения скорости вращения вала асинхронного двигателя в модели и в реальной системе в относительных единицах. Частота коммутации 4 кГц, с дополнительным моментом инерции (черный – задание; красный – эксперимент; синий – модель)

На основании сравнения результатов моделирования и эксперимента (рис. 3) были сделан вывод о том, что работа стенда в достаточной мере совпадает с результатами моделирования. В результате данной работы разработаны электрические принципиальные схемы, печатные платы и встроенное программное обеспечение стенда. Создан опытный образец стенда. Разработанное встроенное программное обеспечение стенда позволяет получать данные о параметрах работы привода в режиме реального времени. Реализована возможность сопряжения стенда с программным пакетом MATLAB для настройки и отладки в режиме реального времени, что позволяет производить быстрое прототипирование электропривода. Кроме этого, структура стенда позволяет расширять функциональность путем разработки новых силовых и управляющих модулей.

Литература

1. Усольцев А.А. Современный асинхронный электропривод оптико-механических комплексов: Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 164 с.
2. Паль С.Н. Исследование асинхронного электропривода с прямым управлением моментом. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 83 с.
3. MCWIN28335 User Manual, Technosoft S.A., Switzerland, 2008.

До Тан Тай
Год рождения: 1985
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра оптических технологий, группа 6345
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
e-mail: tantaido@yahoo.com

УДК 621.383.4

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВЕТОФИЛЬТРОВ

До Тан Тай
Научный руководитель – д.т.н., профессор Л.А. Губанова

Металлодиэлектрические светофильтры находят свое применение в различных отраслях науки и техники. Во многих работах упоминается о металлодиэлектрических светофильтрах [1–5]. Интерес к металлодиэлектрическим фильтрам никогда не пропадал, поскольку эти фильтры обладают рядом преимущества: простота в изготовлении, низкая стоимость, широкая зона гашения, возможность работы в ультрафиолетовой (УФ) области.

Наиболее широкое распространение нашли светофильтры, построенные по схеме интерферометра Фабри-Перо. Такие светофильтры бывают двух видов (по структуре): диэлектрические, когда зеркала и разделительный слой формируются из диэлектриков, и металлодиэлектрические, когда зеркала формируются из металлов.

К достоинствам диэлектрических светофильтров следует отнести высокое значение пропускания в максимуме, к недостаткам – наличие побочных максимумов, расположенных в непосредственной близи к глобальному максимуму.

Указанного недостатка лишены металлодиэлектрические светофильтры, которые обладают широкой полосой гашения.

Вторым недостатком, которым обладают диэлектрические светофильтры, является то, что из-за отсутствия пленкообразующих материалов с большим показателем преломления, прозрачных в УФ области спектра, достаточно сложно изготавливать диэлектрические светофильтры, работающие в УФ спектральном диапазоне.

Металлодиэлектрические светофильтры решают эту задачу, поскольку в качестве разделительного слоя, возможно использовать материалы с низким показателем преломления, обладающие устойчивым пропусканием в УФ диапазоне.

Цель работы: создание алгоритма выбора конструкции металлодиэлектрического светофильтра и установление факторов, влияющих на стабильность его воспроизводства в процессе изготовления.

Для достижения указанной цели необходимо было решить следующие задачи:

- выбрать толщины металлических слоев, формирующих светофильтр;
- выбрать состав и толщины разделительного слоя светофильтра;
- определить параметры защитного стекла;
- определить допустимый угол падения излучения.

Для решения поставленной цели изучались вопросы, связанные с областью прозрачности диэлектрических материалов, которые используются в качестве разделительного слоя, дисперсией показателя преломления металлов, спектральными характеристиками цветных стекол, входящих в состав многокомпонентного светофильтра.

Была разработана методика выбора конструкций светофильтров, которая позволяет создавать светофильтры с заданными характеристиками (максимальным коэффициентом пропускания на заданной длине волны, полушириной, заданной величиной пропускания в зоне гашения, заданной шириной зоны гашения и контрастностью).

Также разработана методика выбора толщин слоев металлов, из которых формирован металлодиэлектрический светофильтр, материалов разделительного слоя и его толщины, приведен анализ влияния отклонений в параметрах слоев, формирующих светофильтр, на его эксплуатационные характеристики.

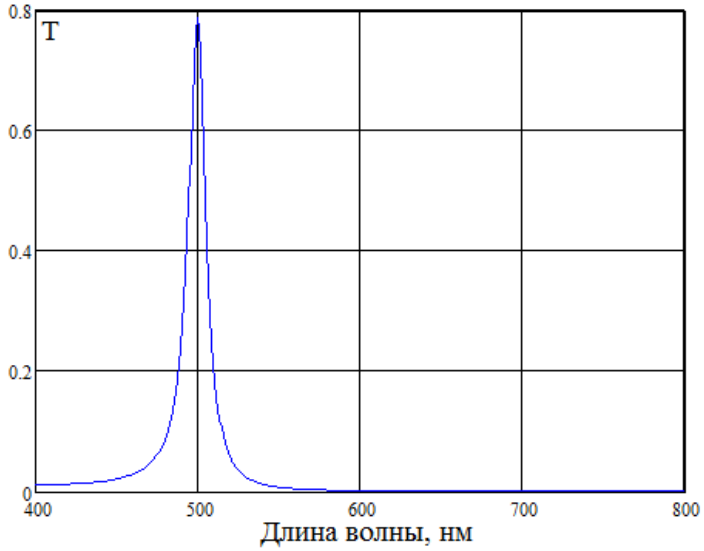


Рис. 1. Спектральные характеристики пропускания металлодиэлектрического светофильтра на основе серебра

На рис. 1 приведены характеристики фильтра, толщина зеркал которого равна 54 нм, разделительный слой с показателем преломления n = 2,35 (ZnS) и оптической толщиной $nd = 0{,}67\lambda_{max}$. Получаемый фильтр имеет λ_{max} = 500 нм, T_{max} = 79%, полуширина равна 12,6 нм.

В работе показано, что для стабилизации параметров светофильтров и увеличения зоны гашения и увеличения контрастности следует включать в состав светофильтров цветные стекла. Для чего после изготовления светофильтра их необходимо склеить с фильтром с защитным стеклом. В качестве защитных стекол может быть использовано бесцветное стекло, кварцевое стекло и цветное стекло. Было отмечено, что при наличии защитного стекла фильтр стал чувствительнее к углу падения излучения.

В работе проанализировано влияние угла падения на спектральные характеристики светофильтров. При угле падения меньшем 10° смешение полосы максимального пропускания одинаково практически для всех материалов разделительного слоя, при больших углах падения с увеличением показателя преломления разделительного слоя уменьшается чувствительность светофильтров к увеличению угла падения излучения.

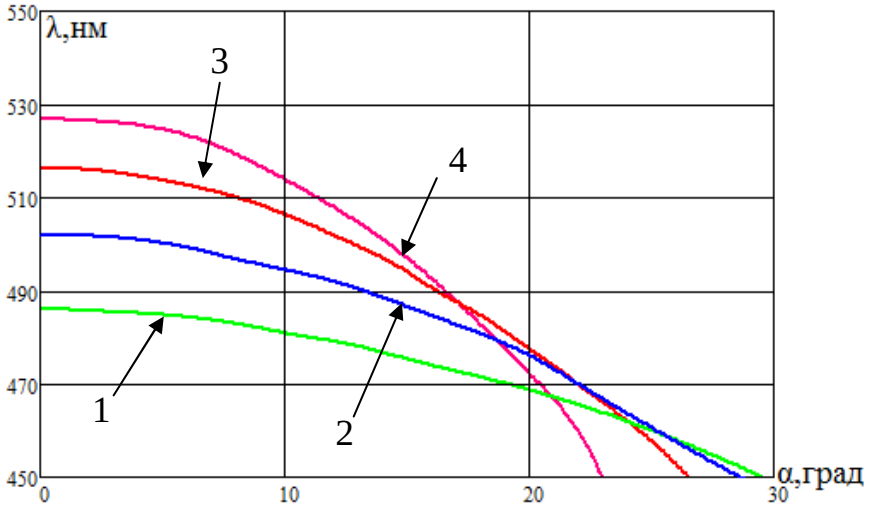


Рис. 2. Смещения полосы максимального пропускания светофильтров на основе серебра в зависимости от угла падения (0°–30°) для разных материалов разделительного слоя: 1 – ZnS (n=2,35); 2 – ZrO_2 (n=1,95); 3 – Al_2O_3 (n=1,63); 4 – MgF_2 (n=1,38)

На рис. 2 показаны наклоные полосы максимального пропускания металлодиэлектрических светофильтров на основе серебра, сформированные на подложке, имеющей показатель преломления n_m = 1,52, зеркалами толщиной d = 54 нм, разделительным слоем оптической толщиной (nd = 340 нм), склеенным с цветным стеклом ЖС12, в зависимости от угла падения.

Как было показано, на выходные параметры светофильтра существенное влияние оказывает множество параметров, особенное внимание уделялось на отклонение угла падения излучения. По этой причине при работе с узкополосными фильтрами необходимо строго следить за величиной угла падения на фильтр, а также, что весьма существенно, оценивать форму (крутизну) поверхности, на которой формируется светофильтр.

Литература

1. Крылова Т.Н. Интерференционные покрытия. – Л.: Машиностроение, 1973. – 224 с.
2. Федулов С.В. // Оптико-механическая промышленность. – 1973. – № 2. – С. 64–68.
3. Фурман Ш.А. Тонкослойные оптические покрытия. – Л.: Машиностроение, 1977. – 264 с.
4. Путилин Э.С. Оптические покрытия: Учеб. пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 227 с.
5. Macleod H.A. Thin Film Optical Filters. – 4th-ed. – CRC, 2010. – 772 p.

Журавлев Андрей Николаевич
Год рождения: 1988
Факультет точной механики и технологий, кафедра технологии приборостроения, группа 6657
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: djandyz@mail.ru, zuravlev_andrey@mail.ru, zuravlev@sikom.com

УДК 004.622, 004.624

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИОННЫХ ЗАГОТОВОК В СРЕДЕ SOLIDWORKS

А.Н. Журавлев
Научный руководитель – д.т.н., профессор Д.Д. Куликов

В работе были рассмотрены возможности использования методики проектирования операционных заготовок (ОЗ) методом добавляемых тел применительно к CAD/CAM-системам. Данная технология имеет множество потенциальных применений при разработке технологического процесса. Одной из важнейших задач при проектировании технологических процессов является задача определения формы и размеров ОЗ. Современный подход к автоматизированному решению этой задачи основан на использовании CAD/CAM-систем, с помощью которых технолог имеет возможность проектировать 3D-геометрические модели ОЗ.

В работе были показаны возможности системы SolidWorks при проектировании ОЗ. Были рассмотрены различные способы создания ОЗ методом добавляемых тел, такие как: способ булевых операций, сборки и логической сборки. В ходе работы была доработана методика обратного двухэтапного проектирования технологических процессов (ТП), при которой процесс проектирования операций ведется от последней к первой операции (рис. 1). Методика разработана с учетом проектирования ОЗ с помощью CAD-системы SolidWorks.

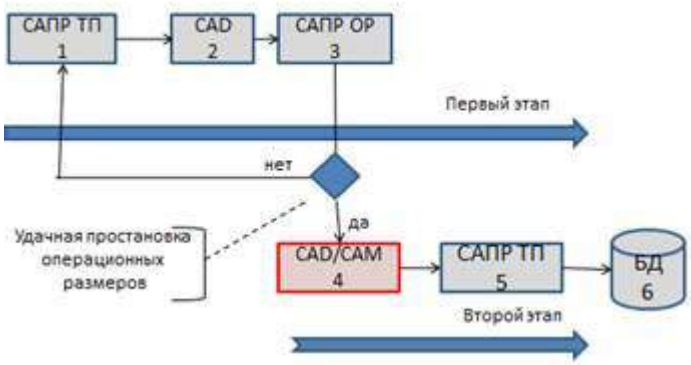


Рис. 1. Схема обратного двухэтапного проектирования ТП:

На рис. 1 шаги проектирования (1–6) имеют следующие назначения:

1. проектирование маршрутной технологии;
2. получение 3D-моделей ОЗ и предварительных операционных эскизов (ОЭ);
3. автоматизированный расчет операционных размеров (ОР);
4. окончательное оформление ОЭ;
5. проектирование операционной технологии;
6. занесение результатов в базу данных (БД).

Для анализа эффективности метода была выбрана деталь типа «втулка». Были спроектированы ОЗ в системе SolidWorks с аннотациями (рис. 2). На основе полученных ОЗ была разработана управляющая программа в CAM (Computer-Aided Manufacturing – автоматизированная система технологической подготовки производства) системе MasterCAM.

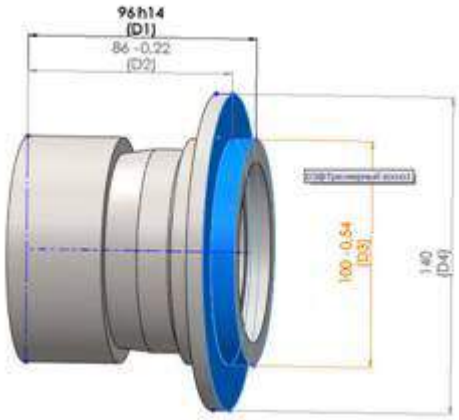


Рис. 2. Операционная заготовка детали типа «втулка» с аннотациями

В результате исследований доказана эффективность использования системы SolidWorks для создания операционных заготовок методом добавляемых тел. Была показана целесообразность использования способа сборки, так как при проектировании операционных заготовок этим способом уменьшается время разработки управляющей программы в CAM-системе на 10–15% за счет сокращения построения дополнительной геометрии и упрощения вспомогательных операций. Проведенные эксперименты позволяют с уверенностью утверждать о необходимости применения метода добавляемых тел на предприятиях, работающих с CAD/CAM-системами, в частности, имеющих CAD-систему SolidWorks.

Литература

1. Куликов Д.Д., Яблочников Е.И. Проектирование операционных заготовок с использованием трехмерных CAD-систем // Изв. вузов. Приборостроение. – 2001. – Т. 44. – № 9. – С. 65–70.
2. Яблочников Е.И., Фомина Ю.Н., Саломатина А.А. Компьютерные технологии в жизненном цикле изделия: Учебное пособие – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 188 с.

Казанцев Максим Сергеевич
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологий, кафедра технологии приборостроения, группа 6659
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: maximkazantsev@gmail.com

УДК 67.02

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДОВ И РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ НА ГЕОМЕТРИЮ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ

М.С. Казанцев
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Валетов

Одной из важнейших задач в современной промышленности является повышение качества выпускаемых изделий. Качество изделия – это комплексная характеристика, но общеизвестно, что точность геометрических размеров и форм является основной ее составляющей. И один из основных способов улучшения качества как раз заключается в увеличении точности обработки изделий. Однако ресурс увеличения точности обработки не бесконечен и связан с ростом себестоимости выпускаемых изделий. Более того, чем выше уровень точности, тем более резко происходит это подорожание.

Для решения этой проблемы было предложено оптимизировать микрогеометрию для конкретных фукнциональных свойств. Ведь если технолог будет знать оптимальную шероховатость для значения свойства, которое необходимо обеспечить, то не будет необходимости в бессмысленном увеличении точности обработки [1]. Экономия на этом этапе позволит снизить себестоимость готового изделия, что явным образом выгодно как для предприятий, так и для потребителей.

Было проведено большое количество исследований как по выявлению влияния микрогеометрии на конкретные функциональные свойства изделий, так и по изучению ее технологической управляемости (например, [2]). Во всех подобных работах для контроля и оценки шероховатости используются параметрические критерии. Но поскольку даже несколько критериев не могут полностью описать профиль поверхности, то исследования влияния режимов обработки на чаще всего используемые параметры *Ra*, *Rz* и *Rq* практически не имеют смысла.

В связи с этим В.А. Валетовым был предложен метод непараметрических критериев. Его суть состоит в том, что вместо числовых значений микрогеометрия оценивается по графическим изображениям: опорной кривой или кривой Аббота, функции распределения ординат, функции распределения тангенсов углов, функции плотности распределения ординат, функции плотности распределения тангенсов углов наклона, профиля поверхности и микротопографии поверхности [1]. Контроль и оценка микрогеометрии с помощью непараметрических критериев являются более точными по сравнению с параметрическим подходом. Также процесс их использования легко автоматизируем – уже сейчас на кафедре используется программное обеспечение, специально разработанное для работы с ними.

В рамках данной работы было решено провести исследование влияния режимов токарной и фрезерной обработок на непараметрические критерии оценки и контроля шероховатости, а именно: на графики плотностей распределения ординат и тангенсов углов. Помимо этого **целью работы** также являлось получение и подготовка

экспериментальных данных к возможному дальнейшему использованию в базе данных непараметрических критериев.

На этапе планирования эксперимента было решено, что эксперименты будут однофакторными. Каждый из них включал в себя 14 опытов. В качестве материала заготовок был выбран алюминиевый сплав Д16, а обработку заготовок было решено провести на токарном станке HAAS SL-10 и фрезерном станке HAAS Super Mini Mill, оснащенных системой ЧПУ HAAS-Fanuc. В сответствии с определенным количеством опытов были спроектированы конструкции опытных образов. Для токарной обработки – вал с канавками, разделяющими обработанные с разными режимами поверхности, для фрезерной – четырнадцатиугольник.

По разработанному технологическому процессу были написаны управляющие программы для станков. По ним затем были изготовлены опытные образцы. Режимы резания, выставленные в каждом из опытов, приведены в пояснительной записке. В таблице приведены лишь изменяемые в каждом из экспериментов факторы.

Полученные таким образом опытные образцы необходимо было измерить. Для этого решено было использовать профилометр Hommel Tester T8000. Перед проведением измерений была разработана методика их проведения, в которой был учтен характер полученных поверхностей и требования точности. Таким образом с каждой поверхности снималось по три параллельных профиля длиной 48 мм со скоростью 0,15 мм/с щупом TKU 300.

Дальнейшая обработка профилей поверхностей производилась в программе Лемминг, специально разработанной на кафедре технологии приборостроения для работы с непараметрическими критериями. Перед построением графиков плотностей распределения ординат и тангенсов углов к профилям была применена фильтрация отклонений формы, поскольку в данной работе они не рассматриваются. В программе Лемминг для этого используется метод фильтрации по амплитудному спектру профиля, разработанный В.А. Валетовым.

Таблица. Перечень изменяемых факторов в каждом в трех экспериментах для каждого типа обработки

№	точение			фрезерование		
	подача, мм/об.	глубина, мм	скорость, м/мин	подача, мм/об.	глубина, мм	скорость, м/мин
1	0,025	0,35	155,5	220	154,5	0,175
2	0,1	0,4	169,6	240	159,8	0,2
3	0,175	0,45	183,8	260	165,0	0,225
4	0,25	0,5	197,9	280	170,3	0,25
5	0,325	0,55	212,1	300	175,6	0,275
6	0,4	0,6	226,2	320	180,9	0,3
7	0,475	0,65	240,3	340	186,1	0,325
8	0,55	0,7	254,5	360	191,4	0,35
9	0,625	0,75	268,6	380	196,7	0,375
10	0,7	0,8	282,7	400	202,0	0,4
11	0,775	0,85	296,9	420	207,2	0,425
12	0,85	0,9	311,0	440	212,5	0,45
13	0,925	0,95	325,2	460	217,8	0,475
14	1	1	339,3	480	223,1	0,5

В ходе исследования результатов экспериментов по изучению токарной обработки удалось установить следующее:

1. при увеличении подачи наблюдается уменьшение количества близких к нулю и рост близких к максимальным отклонений профиля, а также уменьшение количества углов наклона с близкими к нулю значениями тангенсов;
2. при увеличении скорости резания было замечено увеличение концентрации отклонений в районе впадин профиля и уменьшение количества углов наклона с близкими к нулю значениями тангенсов (менее значительное, чем в предыдущем эксперименте);
3. при увеличении глубины резания была выявлена лишь нестрогая тенденция к уменьшению количества углов со значениями тангенсов, близких к нулю.

Анализ результатов экспериментов по изучению фрезерной обработки не выявил общей и сторогой зависимости полученной микрогеометрии от изменяемого фактора. Только на кривых плотностей распределения тангенсов углов эксперимента по изучению подачи наблюдалось изменение их характера в зависимости от значений этого фактора. Также было замечено, что обработанные поверхности в большинстве случаев обладают малой степенью стационарности. Так, например, графики плотностей распределения тангенсов углов эксперимента по изучению подачи, измеренные на участке, обработанным самой ближней к концевой частью фрезы, по характеру значительно отличаются от графиков, построенных по измерениям двух других участков. Однако причины этих явлений можно выявить, лишь проведя дополнительные эксперименты в рамках еще одного исследования.

Таким образом, в ходе работы были получены уникальные данные об изменении графиков непараметрических критериев оценки и контроля шероховатости при изменении режимов резания.

Литература

1. Мусалимов В.М., Валетов В.А. Динамика фрикционного взаимодействия. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 191 с.
2. Исаев А.И. Микрогеометрия поверхности при токарной обработке. – М: Изд-во АН СССР, 1950. – 108 с.

Казимир Александр Рауфович
Год рождения: 1987
Естественнонаучный факультет, кафедра информационных технологий в гуманитарной сфере, группа 6709
Направление подготовки:
230400 Информационные системы и технологии
e-mail: sosed87@gmail.com

УДК 658

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТОЙ МАГИСТРАНТОВ НА КАФЕДРЕ

А.Р. Казимир
Научный руководитель – к.т.н., доцент И.В. Петров

Введение. Автоматизация управления научно-исследовательской работы магистрантов (НИРМ) на кафедре информационных технологий в гуманитарной сфере (ИТГС) Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики (НИУ ИТМО) необходима для

отслеживания хода научной работы студентов, которая должна быть отображена в их индивидуальном плане. В нем содержится информация, на каких конференциях студент выступал, какие публикации подавал и что вообще было им сделано по тематике его магистерской диссертации. В индивидуальном плане содержится краткая информация о тематике, научном руководителе, темах конференций и публикаций. Это своего рода аннотация научной деятельности магистранта. Что и когда им было исследовано, выполнено и представлено. Также в нем указаны виды и задачи профессиональной деятельности, которые студент указывает сам, исходя из своих предпочтений о ходе его научной работы. Виды и задачи профессиональной деятельности магистранта подразделяются на научно-исследовательскую, научно-педагогическую и деятельность. В первой, студент пишет о том, как будет протекать его научно-исследовательская работа, что он будет, что исследовать и т.д. Во второй, магистрант указывает, какие занятия, соответствующие магистерской программе, он будет готовить. И в третьей части, студент указывает, что он будет обучаться по программе, предусмотренной индивидуальным планом. Впрочем, выбора у магистранта нет.

Ввиду того, что индивидуальный план содержит информацию о ходе научной работы магистранта, то единственный способ выпускающей кафедре узнать, как обстоят дела с наукой у конкретного студента – это назначить личную встречу с целью проверки индивидуального плана и всех сопутствующих документов, удостоверяющих личные достижения студента.

Личные встречи занимают довольно продолжительное время и требуют хорошей организационной работы. Чтобы не отвлекать студентов от своей магистерской диссертации ради проверки хода научной работы, было бы логично создать информационную систему, позволяющую отслеживать выполнение выпускной квалификационной работы магистрантов без временных затрат на организационные мероприятия.

Объектом исследования являлась научно-исследовательская работа магистрантов на кафедре ИТГС НИУ ИТМО. Предметом исследования – автоматизация управления НИРМ.

Цель работы – спроектировать и реализовать автоматизированную систему управления научно-исследовательской работой магистранта на кафедре ИТГС.

Содержательная часть. Определим, какие субъекты взаимодействия научно-исследовательской работы у нас есть:

- студент, человек, который является той движимой силой научной работы;
- научный руководитель, который контролирует и дополняет работу студента; консультант, который корректирует огрехи в процессе подготовки студентом диссертации;
- заведующий кафедрой, как неотъемлемый надзор;
- рецензент, который дает объективную оценку стараниям студента.

Взаимодействие студента с рецензентом происходит единожды и только при личной встрече, поэтому рецензент в такой информационной системе не особо и нужен. Заведующий кафедрой должен видеть, как продвигается научная работа его студентов, какого мнения о ней научные руководители, консультанты. Все это влияет на то, выпустить ли студента на защиту или нет. Научные руководители также должны видеть ход выполнения научной работы студента и должны иметь возможность оценивать ее. Примерную схему взаимодействия можно увидеть на рисунке.

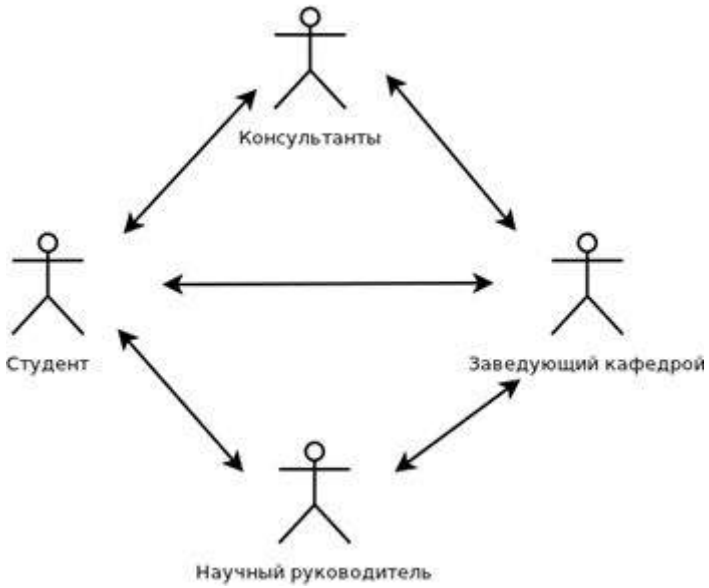


Рисунок. Взаимодействие субъектов НИРС

Автоматизация – это применение технических средств, экономико-математических методов и систем управления, освобождающих человека частично или полностью от непосредственного участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов или информации. Другими словами термин «автоматизация» слишком объемен, чтобы применять его в полной мере, поэтому выделены только нужные слова под текущий контекст.

Итак, «автоматизированное управление – это применение технических средств и систем управления, освобождающих человека частично от непосредственного участия в планировании и организации, с целью контроля и сохранением должного уровня руководства». Если говорить про технические средства, то это телефоны, компьютеры, получившая широкое распространение сеть Интернет, в общем, все что способствует распространению информации и коммуникации людей.

Тогда, «автоматизированное управление НИРС – это частичное освобождение студентов, научных руководителей, консультантов и заведующего кафедрой от организационных мероприятий, проводимых с целью контроля». Контроль, как правило, предполагает собой оценку достижений студента по его научной работе.

Надо понять, какая информация о студенте больше всего важна, т.е. какие индивидуальные элементы важны больше других для подготовки магистерской диссертации. Индивидуальный план магистранта является своего рода аннотацией его научной деятельности. В нем указаны два года его жизни.

При исследовании процесса управления НИРМ на кафедре были выявлены многие под-процессы, требующие длительного времени на организационные мероприятия и при этом не несущие значимой научной составляющей. Как правило, это процессы представления научной деятельности с формальной точки зрения, другими словами, каждый из результатов, получаемый при научной деятельности, должен быть документирован, проверен, оформлен и сохранен. На данный момент такие процессы выполняются при условии личной встречи, к примеру, когда магистрант составляет индивидуальный план, то он должен встретиться со своим научным руководителем. И если это можно решить по телефону, или посредством электронной почты, то выпускающая кафедра все равно может запросить текущую версию индивидуального плана в письменном виде, что потребует за собой еще одну личную встречу. Большое количество организационных мероприятий с целью проверки

сопутствующих документов негативно сказывается на скорости и объеме научно-исследовательской работы. В связи с этим логично было бы «перенести» часть реального общения, отвечающего за проверку сопутствующих документов, на виртуальное.

Таким образом, процесс управления НИРМ останется прежним, но некоторые его функциональные блоки должны быть автоматизированы при помощи и с использованием информационной системы.

Информационная система, ориентированная на совместную работу всех субъектов взаимодействия НИРС, должна содержать актуальную информацию по НИРС, должна позволять отслеживать ход выполнения магистерской диссертации и научных достижений. Это должно сократить организационные мероприятия с целью контроля выполнения научных элементов НИРС.

Заключение. Результаты работы имеют теоретическую новизну, в частности, найдены возможности автоматизации управления НИРМ на кафедре при помощи информационной системы, которая должна свести к минимуму количество организационных мероприятий с целью проверки хода выполнения научной работы. Разработана модель автоматизации НИРМ на кафедре вуза.

Практическая значимость работы заключается в том, что спроектированная и реализованная система автоматизации управления научно-исследовательской работы магистрантов будет применяться на кафедре ИТГС НИУ ИТМО и может быть легко модернизирована с учетом специфики других кафедр.

Литература

1. Говорков А.С. Автоматизация организационно-управленческих аспектов научной деятельности ВУЗа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ecsocman.edu.ru/data/2010/07/20/1215943392/2009-6-2.pdf, своб.
2. Положение о научно-исследовательской работе студентов.
3. Положение о научно-исследовательской работе студентов высших учебных заведений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.msta.ac.ru/web2/naukan/nirs/common.aspx, своб.
4. Рекомендации по организации проведения научно-исследовательской работы студента в СПбГУ ИТМО: методическое указание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://uop.ifmo.ru/file/stat/17/nirstudenta.pdf, своб.
5. Друкер П. Эффективное управление. Экономические задачи и оптимальные решения: Пер. с англ. М. Котельниковой. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002. – 285 с.
6. Торгашина Т.И. Научно-исследовательская работа студентов педагогического ВУЗа как средство развития их творческого потенциала: диссертация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.dslib.net/prof-obrazovanie/torgaschina.html, своб.

Калиновский Дмитрий Андреевич
Год рождения: 1989
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторнига, группа 6212
Направление подготовки:
223200 Техническая физика
e-mail: crec@bk.ru

УДК 504.062.2, 628.8

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Д.А. Калиновский
Научный руководитель – д.т.н., профессор Н.В. Пилипенко

С каждым годом в нашей стране энергосбережение становиться все более актуальной темой. Современная государственная политика в данной области направлена на сокращение потребления энергетических ресурсов, в том числе и тепловой энергии, во всех отраслях деятельности человека.

По опыту проведения энергетических обследований и информации из разных источников, в России наблюдается высокий потенциал энергосбережения в каждом звене теплового хозяйства структурированного по цепочке «источник теплоснабжения – тепловая сеть – потребитель».

Теплоснабжение страны, несмотря на то, что оно остается наиболее энергоемким, является полностью нескоординированным. Источники тепловой энергии и тепловые сети в настоящее время находятся в ведении различных структур, которые зачастую стремятся к извлечению прибыли, без учета повышения энергоэффективности систем теплоснабжения, как единого комплекса.

Наиболее заинтересованными в энергоэффективности оказываются только потребители тепловой энергии.

В результате заставить генерирующие и транспортирующие организации всерьез задуматься о повышении энергетической эффективности возможно только на уровне потребителей за счет массового учета потребляемой тепловой энергии и повышения эффективности ее использования.

Основные потребители тепла – это здания и сооружения. На них приходится около 45% от суммарного потребления тепловой энергии.

Целью работы являлся анализ тепловой эффективности и разработка направлений по ее повышению для реальных эксплуатируемых зданий.

Для достижения указанной цели были решены следующие задачи:

- проведена качественная оценка существующего состояния теплоснабжения в России;
- проведен анализ понятия «тепловая эффективность здания» и рассмотрены методы оценки тепловой эффективности зданий;
- рассмотрены существующие энергосберегающие мероприятия и пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий;
- изучены способы и методики тепловизионного обследования;
- рассмотрены методы определения теплопотребления здания;
- проведен комплекс измерений неразрушающим контролем;
- проведен анализ тепловой эффективности эксплуатируемых зданий;
- разработаны технические рекомендации по повышению тепловой эффективности.

В качестве объектов исследования было выбрано несколько административных и общественных зданий.

Здания, выбранные для обследования, располагались на территории предприятия, на котором осуществлена локальная централизованная система теплоснабжения от собственной мазутной котельной. Общая протяженность тепловых сетей от котельной составляет 2 912 м в двухтрубном исчислении. Тепловая сеть структурно состоит из четырех радиальных тепломагистралей.

В каждом рассматриваемом здании предусмотрено специальное помещение на первом этаже, в котором оборудован индивидуальный тепловой пункт. Системы отопления зданий присоединяются к тепловой сети по зависимой прямоточной схеме, а система горячего водоснабжения – по закрытой схеме через пластинчатый теплообменный аппарат с автоматической регулировкой температуры воды, подаваемой к потребителям.

При проведении обследования задачи стояли в определении показателей тепловой эффективности зданий, комплексном обследовании теплозащитных свойств ограждающих конструкций и оценке возможности уменьшения энергопотребления.

Тепловая эффективность зданий определялась по результатам натурных испытаний. Испытание объекта предполагало определение следующих величин:

- расхода тепловой энергии на теплоснабжение здания;
- температуры внутреннего воздуха испытываемого объекта;
- температуры наружного воздуха.

Комплексное теплотехническое обследование наружных ограждающих конструкций зданий включало:

- определение сопротивления теплопередачи в реперной зоне;
- дистанционное измерение тепловизором температур поверхностей ограждающих конструкций;
- вычисление сопротивлений теплопередаче участков наружных ограждающих конструкций.

По итогам проведенной работы было выявлено, что большая часть обследуемых зданий имеет низкий класс энергетической эффективности. При рассмотрении влияния разных факторов по результатам были определены основные причины недостаточной тепловой эффективности зданий:

- отсутствие узлов управления системой отопления;
- низкая тепловая защита ограждающих конструкций, в особенности световых проемов и наружных стен.

В работе был предложен ряд энергосберегающих мероприятий и проведена теплотехническая оценка эффективности от их внедрения. Полученная экономия тепловой энергии достигает в среднем 22%:

- 10% – за счет внедрения узла управления тепловой энергией (термостаты на отопительные приборы и система пофасадного регулирования);
- 5–8% – за счет теплозащиты окон;
- 5% – за счет утепления наружных стен.

Следует отметить, что экономия энергии на отопление зданий приводит к снижению выбросов в атмосферу углерода в виде углекислого газа, а также при снижении затрат на климатизацию зданий происходит высвобождение энергогенерирующих мощностей.

В результате выполнения работы:

- определены экспериментальным путем интегральные геометрические и энергетические показатели обследуемых зданий;

– проведен комплексный неразрушающий тепловой контроль ограждающих конструкций зданий;
– выявлены основные причины низкой тепловой эффективности обследуемых зданий;
– разработаны мероприятия по энергосбережению. Проведена их теплотехническая оценка.

Результаты работы были взяты за основу для составления перспективного плана развития теплового хозяйства предприятия, на территории которого располагались обследуемые здания.

Литература

1. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Теплопотери здания. Справочное пособие / Под ред. Е.Г. Малявина. – 2-е изд., испр. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2011. – 144 с.
3. Системы водяного отопления многоэтажных зданий. Технические рекомендации по проектированию / Под ред. В.Н. Карпов. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2010. – 107 с.
4. МДС 23-1.2007. Методические рекомендации по комплексному теплотехническому обследованию наружных ограждающих конструкций с применением тепловизионной техники. – М.: ФГУП ЦПП, 2007. – 20 с.
5. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. – М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. – 36 с.

Кирдеев Андрей Александрович
Год рождения: 1989
Естественнонаучный факультет, кафедра высшей математики, группа 6742
Направление подготовки:
010400 Прикладная математика и информатика
e-mail: kirduk@yandex.ru

УДК 004.021

ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕД НА ОСНОВЕ ТЕКСТОВОГО ПРЕПРОЦЕССИРОВАНИЯ

А.А. Кирдеев
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Е.В. Костюченко

Задачи, связанные с обработкой текстовый информации, едва ли не самый распространенный объект приложения возможностей компьютера. Стандартные библиотеки языков программирования содержат средства работы с текстом. Мощные поисковые системы, также как и базы данных, основаны на алгоритмах обработки текстовой информации. В большинстве случаев, тексту свойственны многократные повторения конструкций (букв, слов, предложений, абзацев, HTML-тегов, команд и т.д.), причем, сколько раз будет повторен тот или иной элемент, становится понятно, только в процессе обработки.

Благодаря структурным закономерностям распространенных форматов представления текста в ЭВМ, был найден подход к построению интегрированных вычислительных сред на основе текстового препроцессирования. Для описания метода разработан специальный аппарат текстовых функций. Практически, подход реализован

в специализированной программе, позволяющей пользователю создавать интегрированные вычислительные среды, включающие необходимые ему программные системы и комплексы.

Данный продукт используется в области разработки программного обеспечения в банковской сфере. Ежедневные отчеты, собирающие различную информацию из баз данных, предоставляют собой много мегабайт информации. Разбор этих данных без специализированных сред, занимает несколько часов. При всем этом вероятность совершения ошибки крайне велика. При помощи созданной программы, обработка результатов этих отчетов занимает 15 минут.

Литература

1. Дональд Кнут, Все про TEX – The TEXBook. – М.: Вильямс, 2003. – 560 с.
2. Ахо А.В., Сети Рави Ульман, Джеффри Д. Компиляторы: принципы, технологии и инструменты: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2001. – 768 с.
3. Монахов В. Язык программирования Java и среда NetBeans. – 2-е изд. – СПб: БХВ-Петербург, 2009. – 720 с.
4. Блох Джошуа. Java. Эффективное программирование – Effective Java. – М.: Лори, 2002. – 224 с.
5. Википедия, свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org. Своб.
6. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы. Построение и анализ: Пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2005. – 863 с.
7. HTML-справочник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://html.manual.ru, своб.
8. Смит Билл. Методы и алгоритмы вычислений на строках (regexp) – Computing Patterns in Strings. – М.: Вильямс, 2006. – 496 с.

Ковбаско Дмитрий Васильевич
Год рождения: 1989
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа 6111
Направление подготовки:
230100 Информатика и вычислительная техника
e-mail: dimsonkz@yandex.ru

УДК 004.89

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРАВДОПОДОБНОГО ВЫВОДА НА ОСНОВЕ ПРЕЦЕДЕНТОВ В УПРАВЛЕНИИ СЛОЖНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

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

В работе проводится исследование современных подходов в области интеллектуального управления сложными динамическими системами.

Современные технологические процессы, в том числе процессы, протекающие в системах транспорта природного газа, характеризуются все большим усложнением и детализацией, что приводит к наращиванию состава и мощностей автоматических и автоматизированных систем управления. Результатом являются большие потоки

информации. Огромное число взаимосвязанных параметров технологического процесса, даже, несмотря на использование высокотехнологичных систем управления типа SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) – не позволяют анализировать их в совокупности, тем более исключительно когнитивными способностями человека. Это приводит к снижению качества технологического процесса, возникновению внештатных и аварийных ситуаций, способных повлечь за собой экологический ущерб, человеческие жертвы, экономические потери.

В этом случае необходим научно-обоснованный подход в области интеллектуального управления производственными системами. Современные методы и технологии искусственного интеллекта позволяют производить обработку и интерпретацию данных реального времени. Одним из прогрессивных методов подобной обработки является технология Case Based Reasoning (CBR). Механизмы правдоподобного вывода по прецедентам, с использованием искусственных нейронных сетей для классификации состояния системы, позволяют проводить идентификацию ситуации и поиск прецедентного решения для нее.

Для определения эффекта от использования технологии вывода правдоподобных решений на основе прецедентов в управлении динамической системой, в данной работе смоделирован процесс работы газоперекачивающего агрегата (ГПА). Значения параметров имитационной модели объекта исследования подавались на вход искусственной нейронной сети, для проведения классификации состояния объекта и формирования прецедентов, в виде векторов со стабильными значениями процесса. Наиболее близкие к искомой ситуации вектора данных определялись как прецеденты и заносились в базу прецедентов, организованную в системе OpenSCADA, в которой проводилось имитационное моделирование ГПА. Применение полученных данных на модели ГПА, дает эффект стабилизации протекания процесса работы ГПА и раннего определения тенденции к возникновению опасного состояния в виде неуправляемого автоколебательного режима работы. На основе полученных данных в работе предложен метод интеграции модулей интеллектуального управления и анализ данных процесса в открытую систему диспетчерского контроля, управления и сбора данных – OpenSCADA.

В целом, применение CBR-метода и искусственных нейронных сетей позволяют решать достаточно сложные задачи классификации ситуации на основе состояний системы, а также выдавать не лишенные здравого смысла рассуждения по принятию решений в определенной ситуации.

Литература

1. Варшавский П.Р., Еремеев А.П. Методы правдоподобных рассуждений на основе аналогий и прецедентов для интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Новости искусственного интеллекта. – 2006. – № 3. – С. 39–62.
2. Геловани В.А., Башлыков А.А., Бритков В.Б., Вязилов Е.Д. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 304 с.
3. Еремеев А.П., Троицкий В.В. Модели представления временных зависимостей в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // Изв. РАН. Теория и системы управления. – 2003. – № 5. – С. 75–88.
4. Андреев Е.Б., Куцевич Н.А., Синенко О.В. SCADA-системы: взгляд изнутри. – М.: Издательство РТСофт, 2004. – 176 с.

Комиссаров Павел Викторович
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологии, кафедра технологии приборостроения, группа 6659
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: ibm@mail.ru

УДК 65.011.56

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

П.В. Комиссаров
Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.И. Яблочников

Современный процесс разработки полимерных композиционных материалов (ПКМ) и создания изделий из них требует наличия специализированных программных средств, отличающихся от традиционно используемых. Это касается как процесса проектирования, так и инженерных расчетов с использованием CAE-систем (Computer-Aided Engineering).

Как показал анализ, в современных программных средствах для прочностных расчетов невозможно учесть эффекты, специфичные для выбранной технологии изготовления (кривизна формообразующей оснастки при выкладке слоистых ПКМ или ориентация упрочняющих частиц при литье под давлением). В связи с этим возникает необходимость в межотраслевой интегрированной телекоммуникационной платформе (МИТП), которая объединит усилия материаловедов, конструкторов и технологов по созданию новых составов ПКМ и изделий на их основе. В данной работе использовались данные об ориентации коротких углеволокон после изготовления детали корпуса прибора.

В ходе исследований было установлено, что интегрированная система, реализующая комплексный подход к разработке и анализу ПКМ как микроуровне, так и на уровне готового изделия, должна включать следующие подсистемы (рисунок):

- для расчета усредненных характеристик многофазных и многокомпонентных материалов;
- для создания подробной математической модели представительного объема материала с учетом его микроструктуры и последующей передачи в CAE-системы для детального расчета характеристик ПКМ;
- сопровождения баз данных для хранения, поиска и безопасного обмена моделями материала между поставщиками и потребителями;
- обеспечивающую двусторонний интерфейс обмена данными между CAE-системами для моделирования процессов изготовления ПКМ и CAE-системами для прочностного анализа. Такая интеграция позволяет не только рассчитать механические параметры готовых изделий с учетом их микроструктуры, но и выработать рекомендации к технологии изготовления изделий.

Рисунок. Интегрированная система проектирования и расчета ПКМ

По итогам проведенной научно-технической работы были достигнуты следующие результаты:

- проанализированы и выбраны средства проектирования ПКМ;
- разработана методика комплексного расчета прочностных характеристик изделий из ПКМ с учетом технологии изготовления;
- проверена работоспособность экспериментального образца МИТП для решения задач проектирования и подготовки производства изделий из ПКМ;
- исследована организация информационного обеспечения МИТП.

Результаты численного моделирования доказывают обоснованность применения разработанной методики при решении задач отрасли приборостроения. Ее практическое внедрение рекомендовано для предприятий, решающих вопросы комплексного подхода к проектированию изделий на основе полимерных композиций или рассматривающих возможность перехода к применению этого типа материалов вместо традиционно используемых.

В качестве перспективных направлений для дальнейших исследований можно выделить следующее:

- применение математических моделей материалов для расчетов усталостных характеристик изделий из ПКМ;
- оптимизацию расположения точек впрыска расплава полимера при изготовлении изделий из ПКМ.

Литература

1. Гришаева Н.Ю. Прямые и обратные задачи конструирования наполненных полимерных композиций с учетом влияния адгезии на эффективные деформационно-прочностные характеристики: Автореф. дис….к-та технич. наук. – Томск, 2010. – 22 с.

2. Зиновьев П.А., Смердов А.А. Оптимальное проектирование композитных материалов – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 103 с.
3. Хазиев А.Р. Оптимальное проектирование композитных элементов конструкций по условиям прочности, жесткости и устойчивости: Автореф. дис…. к-та технич. наук. – М., 2009. – 210 с.
4. Doghri I., Tinel L. Micromechanical modeling and computation of elasto-plastic materials reinforced with distributed-orientation fibers // International Journal of Plasticity. – 2005. – V. 21. – Is. 10. – P. 1919–1940.
5. Kammoun S. et al. First pseudo-grain failure model for inelastic composites with misaligned short fibers. // Composites: Part A. – 2011. – 12 p.

Константинова Юлия Андреевна
Год рождения: 1989
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра оптических технологий, группа 6345
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
e-mail: llaavvee@list.ru

УДК 621

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ АНТИБЛИКОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА МЕТАЛЛАХ

Ю.А. Константинова
Научный руководитель – д.т.н., профессор Л.А. Губанова

При современной тенденции перехода к интегральным оптическим устройствам особое значение приобретает выяснение слабо изученных явлений в тонкослойных структурах. В оптике существует ряд задач, связанных со слоистыми средами, содержащими тонкие металлические пленки. В одних задачах требуется максимально увеличить коэффициент отражения в широкой области спектра, в других – обеспечить низкий коэффициент отражения в широком диапазоне длин волн. Первому ряду задач посвящено большое количество литературы, разработано множество эффективных способов решения, которые успешно применяются в создании конструкций с заданными характеристиками и используются во многих оптических приборах. Задачи, касающиеся уменьшения коэффициента отражения от металлических поверхностей, ранее были мало изучены, отдавались предпочтения ставшими «классическими» методам, например, методу нанесения четвертьволновых диэлектрических слоев. Развитие новых технологий, разработка более сложных конструкций, появление более точных методов контроля оптических характеристик позволили создавать очень тонкие слои, которые смогут вносить свой вклад в выходные характеристики будущих многослойных покрытий.

Металлодиэлектрические системы могут использоваться в качестве пропускающих и отражающих фильтров, защитного покрытия для оптических волноводов от различных помех и «ложных сигналов», покрытий, повышающих эффективность солнечных батарей и преобразователей.

Особенностью антибликовых покрытий можно назвать зависимость их спектральных характеристик коэффициента отражения от угла падения излучения. Ведь чем меньше угол, тем ниже коэффициент отражения. Если на цилиндрическую поверхность оптического волновода падает параллельный пучок света, перпендикулярно образующим цилиндра, то свет падает под большим углом к

поверхности и может изменить оптические характеристики волновода, исказить передаваемую информацию.

Основной задачей данной научно-исследовательской работы явилось снижение коэффициента отражения на границе раздела двух сред – металл-воздух. Чтобы прийти к решению, необходимо выбрать, учитывая особенности, структуру антибликовых покрытий (т.е. материалы слоев, их толщины, количество и чередование слоев), а также проанализировать спектральные характеристики коэффициента отражения рассчитанных антибликовых покрытий.

В работе были рассмотрены два способа поиска минимального коэффициента отражения на поверхности различных металлов – это аналитический и графический методы. Аналитический способ подразумевает поиск зависимости оптических постоянных металлов от параметров антибликового покрытия. Таким образом, рассматривались основные конструкции покрытий – металл-диэлектрик на металлической подложке, диэлектрик-металл-диэлектрик на металлической подложке, многократно повторяющаяся ячейка диэлектрик-металл-диэлектрик на металлической подложке. Расчет производился с помощью матричного метода расчета интерференционных покрытий. Для металлических слоев показатель преломления представляет собой комплексную величину, потому что учитывается коэффициент поглощения у металлов, в отличие от диэлектриков, у которых, ввиду малой дисперсии показателя преломления, коэффициент поглощения приравнивается нулю. По формулам матричного метода выводится уравнение для расчета коэффициента отражения, затем числитель полученного выражения разделяется на действительную и мнимую часть, каждая из которых приравнивается нулю. Затем с помощью выведенной системы уравнений определялись неизвестные величины через известные. В первом случае в полученной системе уравнений 7 неизвестных и нет возможности решить однозначно такие выражения. Во втором случае нет возможности выразить нужные переменные через известные постоянные величины. В третьем случае решением является $k = 0$ (коэффициент поглощения), но так как у металлов учитывается поглощение, то решение противоречит поставленным условиям.

Сложности с аналитическим способом, который предполагает нахождение условий создания минимального коэффициента отражения от металлической поверхности, связаны с дисперсией показателя преломления металла. Уравнения, которые необходимо решить, содержат большое количество неизвестных, тригонометрических и мнимых в большой степени значений. Можно подобрать по некоторым условиям определенные толщины слоев, применить диэлектрики с высокими и низкими показателями преломления, распространенные металлы, т.е. попробовать графическим способом решить поставленную задачу. Были рассмотрены различные покрытия, содержащие диэлектрики (оксид гафния, оксид циркония, оксид алюминия, кварц); металлы (алюминий, титан, никель, хром), нанесенные на различные металлы (алюминий, никель, титан, хром) в вариантах покрытий: из двух одинаковых диэлектриков и металла между ними, двух разных диэлектриков и металла между ними. Подобные трехслойные покрытия разделяются без изменения общей геометрической толщины на разное количество подсистем (наиболее результативное количество $L = 15$). Для алюминия наиболее эффективным антибликовым покрытием является многократно повторяющаяся ячейка из $(HfO_2/Cr/HfO_2)^{15}$, для титана лучшим оказалось покрытие $(ZrO_2/Ti/Al_2O_3)^{15}$, для никеля – $(HfO_2/Cr/HfO_2)^{15}$, для хрома – $(ZrO_2/Cr/ZrO_2)^{15}$. В среднем покрытие из оксида гафния/хрома/оксида гафния на алюминиевой подложке обеспечивает коэффициент отражения в области длин волн 300–1000 нм 14,9%; покрытие из оксида циркония/титана/оксида алюминия на титановой подложке обеспечивает коэффициент отражения в области длин волн 300–

1000 нм 12,3%; покрытие из оксида гафния/хрома/оксида гафния на никелевой подложке обеспечивает коэффициент отражения в области длин волн 300–1000 нм 14,2%; покрытие из оксида циркония/хрома/оксида циркония на хромовой подложке обеспечивает коэффициент отражения в области длин волн 300–1000 нм 14,95%.

Таким образом, при выполнении данной работы были разработаны структуры интерференционных покрытий, обеспечивающих снижение коэффициент отражения в интервале длин волн 300–1000 нм:

- для алюминия в 6,06 раз;
- для титана в 3,68 раз;
- для никеля в 3,89 раз;
- для хрома в 3,54 раз.

Выполненная работа представляет ценность с точки зрения энергосбережения и может быть использована при изготовлении элементов солнечных батарей и систем, обеспечивающих нагрев воды с использованием солнечной энергии.

Литература

1. Хасс Г., Франкомб М., Гофман Р. Физика тонких пленок. – М: Мир, 1978. – 359 с.
2. Путилин Э.С. Оптические покрытия: Учеб. пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 227 с.
3. Андреев С.В., Губанова Л.А., Путилин Э.С. Методические указания к лабораторному практикуму по курсу «Оптические покрытия». – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 149 с.

Кудрявцева Вероника Юрьевна
Год рождения: 1989
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа 6110
Направление подготовки:
230100 Информатика и вычислительная техника
e-mail: kudryavtsevaveronika@gmail.com

УДК 681.3

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ И ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В.Ю. Кудрявцева
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Богатырев

В распределенных вычислительных системах отказоустойчивость и снижение задержек обслуживания запросов достигается при перераспределении запросов между узлами как одного, так и различных кластеров, соединенных через сеть. При перераспределении запросов через сеть с одной стороны увеличивается время межмашинного обмена, а с другой, возрастают возможности балансировки загрузки и сохранения работоспособности при накоплении отказов [1].

Разрешение указанного технического противоречия проводится на основе решения оптимизационной задачи.

Целью работы являлась разработка методики оптимизации процесса

перераспределения через сеть потока запросов между кластерами вычислительной системы, позволяющей при интеграции имитационного и аналитического моделирования найти оптимальную долю перераспределяемого между кластерами через сеть потока запросов при различных распределениях входного потока и времени обслуживания.

В работе использован математический аппарат теории вероятностей, теории массового обслуживания, методы аналитического и имитационного моделирования. В качестве средства моделирования выбрана система имитационного моделирования GPSS World.

Основные результаты работы состоят в следующем.

1. Поставлена и решена задача оптимизации процесса перераспределения потока запросов между связанными по сети кластерами, проводимая с целью минимизации времени пребывания запросов в системе.
2. Предложена многоэтапная процедура поиска оптимальной доли запросов, перераспределяемых в кластеры распределенной системы через сеть, суть которой заключается в следующем.

На первом этапе аналитически определяется оптимальная доля перераспределяемых через сеть запросов, а на втором – выполняется построение имитационной модели вычислительной системы и проводятся имитационные эксперименты в области значений, полученных в результате аналитического моделирования при варьировании законов распределений нагрузочных параметров. В результате находятся оптимальные доли запросов, перераспределяемых из отдельных кластеров через сеть на обслуживание в общедоступный кластер [2].

Оптимизация на основе аналитической модели базируется на результатах работы [3].

Показано, что доля распределения потока запросов через сеть в общедоступный кластер при аналитическом и имитационном моделировании совпадают при достижении минимума среднего времени пребывания запроса в системе.

В ходе исследования сформулирована методика поиска оптимального значения доли запросов, перераспределяемых через сеть на выполнение в общедоступный кластер, а также показано, что методика дает приемлемые результаты поиска.

Предложенная процедура поиска позволяет проводить оптимизацию для различных распределений интервалов между поступающими в систему запросами.

Литература

1. Foster I., Kesselman C., Nick J., Tuecke S. The physiology of the grid an open grid services architecture for distributed systems integration. – tech. report, Glous Project. – 2003. – 31 p.
2. Богатырев В.А., Попова М.В., Богатырев С.В., Кудрявцева В.Ю., Фокин С.Б. Оптимизация вычислительных систем с объединением межсетевых экранов в отказоустойчивые кластеры // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 6. – С. 140–142.
3. Bogatyrev V.A., Bogatyrev S.V., Golubev I.Yu. Optimization and the Process of Task Distribution between Computer System Clusters // Automatic Control and Computer Sciences. – 2012. – V. 46. – № 3. – P. 103–111.

Кузнецова Мария Александровна
Год рождения: 1989
Естественнонаучный факультет, кафедра интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере, группа 6709
Направление подготовки:
230400 Информационные системы и технологии
e-mail: agata-golden.phy@mail.ru

УДК 004

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ И ВИЗУАЛИЗАТОРА РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫБОРА ТРАЕКТОРИИ ОБУЧЕНИЯ

М.А. Кузнецова
Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. Н.Ф. Гусарова

Введение. Студент, имеющий как краткосрочные, так и долгосрочные цели реализовать себя как конкурентоспособный специалист, стремится получить профессиональные навыки и опыт работы. Помимо всего, немаловажную ценность имеет такое качество, как способность адаптироваться и переучиваться в неколлинеарных прежнему профилю направлениях. Требования рынка труда динамично изменяются с каждым годом, а то и чаще. Необходимо учитывать в перспективе возможность получения дополнительного образования.

Из вышесказанного следует, что сегодня в процессе получения образования, в первую очередь, воздействию подвергаются не знания, умения и навыки студента, а сам студент, который должен иметь мотивацию к получению знаний и навыков не только в процессе обучения в высшей школе, но и всей жизни. Сегодня специалист – это человек, способный постоянно развивать свои знания, умения и навыки, обновлять их, в силу этого он должен иметь определенные интеллектуальные и личностные качества. Таким образом, чтобы стать конкурентноспособным специалистом, нужно обладать не столько знаниями, сколько необходимыми личностными качествами, в той или иной степени преобладающими для каждой отрасли деятельности.

Однако проблема еще и в том, что не каждый в состоянии выбрать область деятельности в соответствии со своими индивидуальными предпочтениями и личностными качествами в совокупности. Не следует забывать, что изменчивы не только требования рынка труда, но и требования Федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО), а также различные факторы, влияющие на процесс обучения, но напрямую не связанные с ним. Следовательно, появляется возможность для студента сменить учебное заведение, направление подготовки или специальность на текущем этапе обучения или по его завершению. Следующий этап, так или иначе, должен отбираться по критериям, индивидуальным для каждого учащегося. Возникает вопрос о необходимости создания и внедрения методики исследования факторов, влияющих на выбор определенной последовательности элементов учебной деятельности каждого учащегося по реализации собственных образовательных целей, соответствующей их способностям, возможностям, мотивации, интересам. Методика должна быть реализована с помощью автоматизированного инструмента. Исследование факторов, определяющих выбор следующего этапа обучения, проводится с целью помочь обучающимся в соответствии со своими личными потребностями и личностными качествами выбрать наиболее подходящее учебное заведение и направление подготовки. В дальнейшем планируется

развитие темы и расширение круга исследуемых групп с целью повышения эффективности инструмента.

Содержательная часть. Целью работы являлась разработка информационной поддержки выбора траектории обучения (ТО) с визуализатором результатов. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- исследовать предметную область;
- провести обзор и анализ аналогов;
- провести анализ требований к компоненту;
- разработать методику исследования личностных качеств учащихся;
- спроектировать компоненты информационной поддержки;
- разработать структуру базы данных;
- реализовать компоненты информационной поддержки.

В качестве предмета исследования выступает совокупность факторов, влияющих на выбор ТО. Объектом исследования представлена группа студентов Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики (НИУ ИТМО) факультета среднего профессионального образования (СПО).

Диаграмма компонентов, отражающая структуру информационной поддержки, представлена на рисунке.

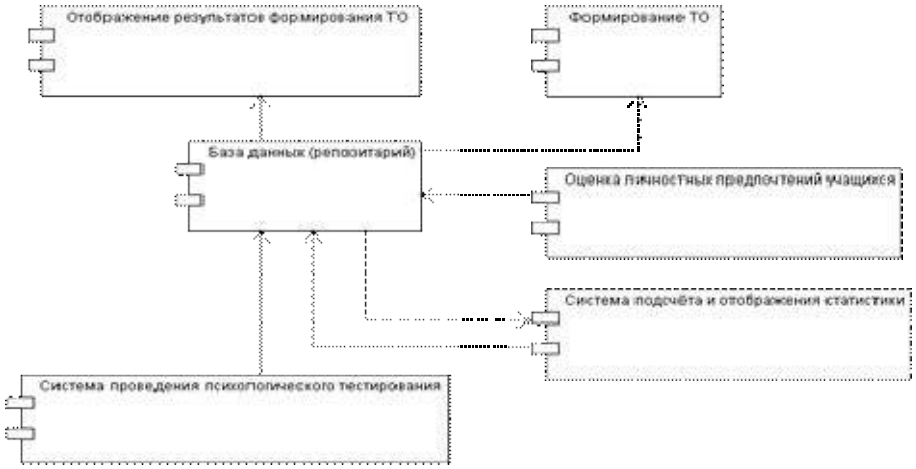


Рисунок. Структура информационной поддержки

В качестве площадки для тестирования информационной поддержки был использован факультет СПО НИУ ИТМО. Для автоматизации решения проблемы ФГОС 3-го поколения разработчиком программы непрерывного обучения было предложено сотрудничество. Впоследствии планируется проведение не только анализа учебных программ, но и проведение психологического тестирования студентов.

Заключение. В процессе выполнения выпускной квалификационной работы были получены следующие результаты:

- был проведен анализ предметной области, проблематики исследования, современного образовательного стандарта;
- выполнен анализ и обзор аналогов компонента, проведено сравнение аналогов по выбранным критериям, на основе сравнения выбран прототип компонента;
- на основе выведенных недостатков выбранных аналогов проведен анализ требований к разрабатываемой системе, ее структуре и компонентам;

- разработана инфологическая модель базы данных, представленная в виде хранилища, определяемого как репозитарий;
- спроектирована структура системы и всех его составляющих. Логика работы описана с помощью диаграмм, компонентов, выполненных в нотации UML;
- компонент реализован с помощью выбранных средств разработки. Проведена интеграция в информационную поддержку;
- проведено тестирование компонента методами функционального тестирования и тестирования методом «белого ящика». Ошибки исправлены. Использовались тестовые данные таблиц компетенций, декомпозиций компетенций и иерархий компетенций;
- разработана автоматизированная система, пригодная для проведения исследований факторов, влияющих на выбор траектории обучения.

Проведенная работа показывает, что поставленные задачи выполнены в соответствии с исходной целью. Разработанная информационная поддержка представляет собой автоматизированный инструмент, является средством реализации методики исследования факторов, влияющих на выбор траектории обучения. Работа является базой для возможных дальнейших исследований. Имеются возможности для расширения и дополнения существующего функционала.

Кроме того, для внедрения информационной поддержки необходимы статистические данные, сбор которых является темой для исследования, продолжающего исследование данной работы.

В связи с дополнением функционала и расширения базы возможно более детальное представление траектории обучения с помощью компонента визуализации результатов.

Литература

1. ГОСТ 34.003-90. Комплекс стандартов на автоматизированные системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=-1&page=0&month=-1&year=-1&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=129578&pageK=650D28FF-63FE-46E2-BCFB-B3192A9FA4FC, своб.
2. Агеева Н. Как разработать модель технических компетенций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.hr100.ru/wmc/readme/article/article03/?id=1154942121, своб.
3. Зимняя И.А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://aspirant.rggu.ru/article.html?id=50758
4. Козлова Н.В., Берестнева О.Г. Профессиональные компетенции: экспертно-статистический анализ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sun.tsu.ru/mminfo/000063105/295/image/295_166-173.pdf, своб.
5. Лисицына Л.С. Методология проектирования модульных компетентностно-ориентированных образовательных программ: Методическое пособие. – СПб, СПбГУ ИТМО, 2009. – 50 с.
6. Пискунова Е.В. Определение компетенций в образовательных программах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.uni-altai.ru/engine/download.php?id=1846, своб.
7. Петренко О.Е., Хорошилов А.В. Возможности контекстного подхода к обучению при реализации инновационного образования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.belsga.ru/download/1_11.pdf, своб.

8. Попова О.В., Попов Е.В. Особенности компетентностного подхода в распределенном вузе с дистанционными образовательными технологиями [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://info-alt.ru/go/index.php?option=com_content&view=article&id=30:2009-08-04-17-10-36&catid=4:2009-07-15-17-32-29&Itemid=5, своб.
9. Осинский И.И., Добрынина М.И. Болонский процесс и некоторые проблемы гуманизации российской высшей школы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://marshall.esstu.ru/unesco/konf1/essyas/OsinskiII%20DobrininaMI.doc, своб.
10. Габдуллин Г. Личностно ориентированное педагогическое образование // Высшее образование в России. – 2004. – № 9. – С. 73–75.

Курицын Петр Анатольевич
Год рождения: 1989
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра компьютеризации и проектирования оптических приборов,
группа 6321
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
e-mail: razor45@gmail.com

УДК 681.786.3

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СТЕНДОВ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

П.А. Курицын
Научный руководитель – д.т.н., профессор С.М. Латыев

В настоящее время происходит стремительное развитие науки и техники. В авангарде этого процесса находятся вооруженные силы. Одним из перспективных направлений развития является применение многоканальных оптико-электронных приборов (ОЭП) на военно-морском флоте. Введение дополнительных каналов позволяет получать больше информации об исследуемом объекте [1]. Одновременно с увеличением числа приемных каналов конструкция прибора усложняется и, как следствие, усложняется его контроль, сборка и юстировка. Для выполнения этих целей необходимо создание специальных контрольно-испытательных стендов.

Целью работы была разработка конструкции контрольно-испытательного стенда многоканального ОЭП специального назначения, а также методики контроля и испытания данного прибора. Задачами являлись: контроль параллельности визирных осей приемных каналов ОЭП, а также контроль гиростабилизирующей платформы, на которой установлен ОЭП. Исходя из этих задач, была сформирована структурная схема стенда (рис. 1).

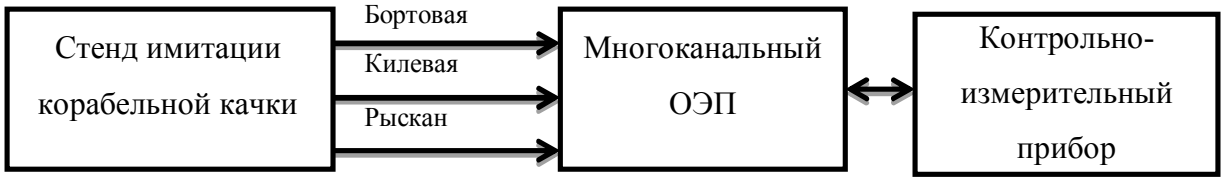


Рис. 1. Структурная схема стенда

Таким образом, в работе необходимо было разработать два компонента – стенд имитации качки и контрольно-измерительный прибор.

Для разработки конструкции стенда имитации качки были проанализированы различные варианты схемных решений (трипод, гексапод, ступенчатая конструкция, карданный подвес) и выбран оптимальный – карданный подвес. Далее был проведен поиск приводов для реализации перемещений в рамках выбранной схемы. В результате поиска по патентам и каталогам были выбраны привода линейного перемещения фирмы MecWel и Elero. На их основе была разработана конструкция стенда имитации качки (рис. 2). Данный стенд воспроизводит корабельную качку с амплитудами 20°, 8° и 7° и позволяет испытывать приборы массой до 220 кг.

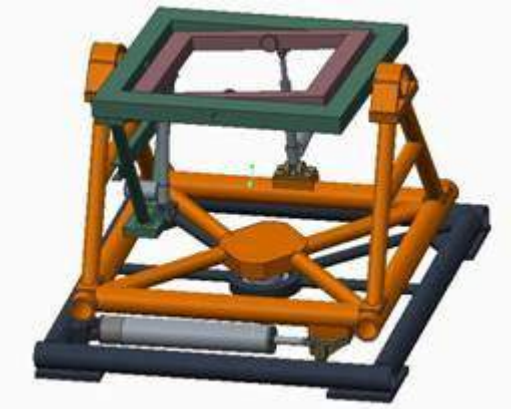


Рис. 2. Конструкция стенда имитации корабельной качки

Следующей частью работы явилась разработка контрольно-измерительного прибора. От него требовалась возможность работы в широком спектральном диапазоне (для контроля параллельности визирных осей приемных каналов ОЭП, которые работают в различных спектральных диапазонах 0,3–12 мкм) и широкий охват приемных каналов (разброс приемных каналов ≈ 220 мм). Для этого лучше всего подходит автоколлиматор. Проведенный патентный поиск и поиск по каталогам показали отсутствие подходящего под требования работы прибора. Его необходимо было разработать. Для этого проанализированы оптические схемы, подходящие для использования в автоколлиматоре, и была выбрана двухзеркальная телескопическая схема Кассегрена как отличающаяся компактностью, относительной простотой юстировки и контроля [2], а также высокими показателями качества. Проведен расчет и оптимизация оптической схемы в программном пакете «ZEMAX». Полученная оптическая система обладает высокой разрешающей способностью (178 л/мм для $\lambda = 0{,}546$ мкм) и относительно широкими допусками на изготовления зеркал и юстировку компонентов системы (наклоны зеркал до 5–10□, децентрировки до 0,02 мм).

Используемое в оптической схеме главное зеркало диаметром 300 мм значительно влияет на качество получаемого изображения, а также на точность при измерениях наклона и контроле ОЭП. Деформации, вызываемые нерациональным способом закрепления, могут вызывать существенное падение качества изображения. Для устранения этой проблемы был проведен анализ деформаций отражающей поверхности главного зеркала при различных способах его закрепления в программе PTC Creo Simulate методом конечных элементов. В ходе анализа были оптимизированы радиальные силы, действующие на зеркало, а также способ разгрузки зеркала и расположение разгружающих элементов. Полученные деформации для вертикального положения зеркала ($\alpha = 0°$) не превышают 4 нм, а для углов $\alpha = 80°$ и $\alpha = 115°$ – 26 нм и 25 нм соответственно.

Также была проведен анализ материалов для изготовления и конструкции трубы автоколлиматора. Разработанная конструкция обеспечивает стабильность оптической системы в диапазоне температур ±5°С (изменение межзеркального расстояния не превышает 10 нм) и высокую жесткость (сохраняет положение оптической оси при различных углах работы автоколлиматора).

Разработанная конструкция автоколлиматора (рис. 3) дает возможность контролировать параллельность визирных осей приемных каналов различных спектральных диапазонов, а также контролировать качество гиростабилизации платформы ОЭП. В конструкции использованы как типовые решения [3], так и синтезированные новые.

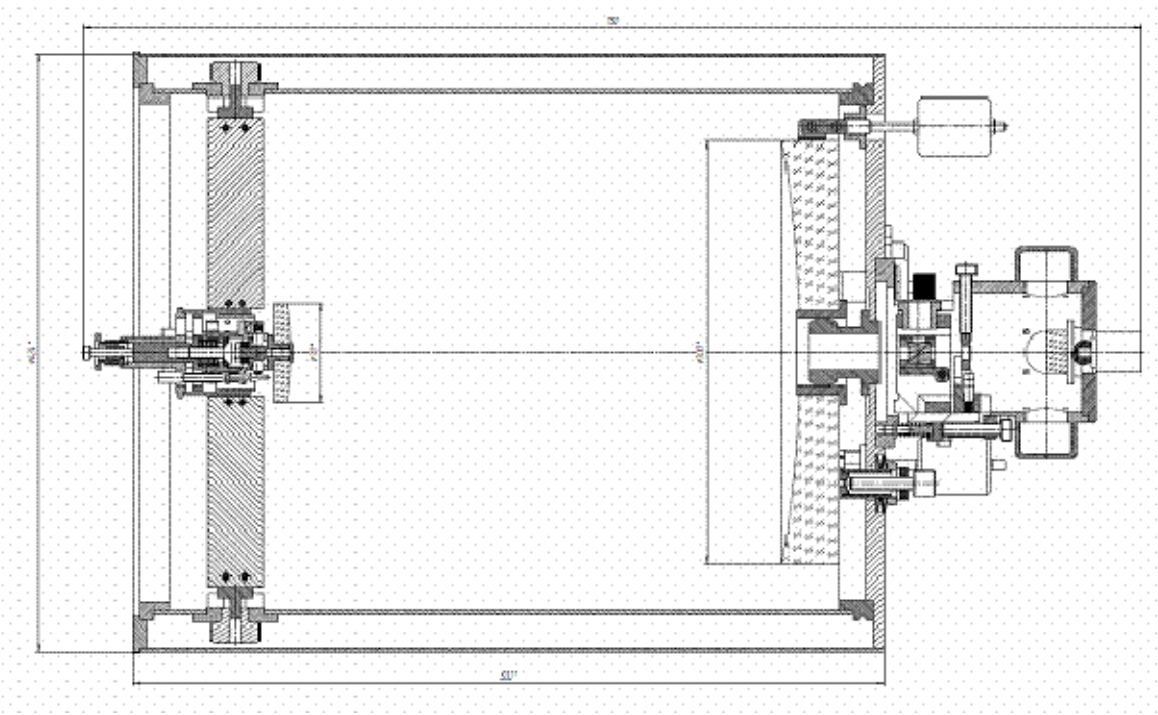


Рис. 3. Конструкция автоколлиматора

В работе разработана также методика юстировки автоколлиматора и приведены основные юстировочные операции.

Контроль гиростабилизирующей платформы ОЭП необходимо производить исходя из требований при 3-х углах (0°, 80° и 115°). Для этого необходимо установить плоский отражатель на ОЭП и контролировать его отклонение при работе стенда имитации качки от начального положения с помощью разработанного автоколлиматора. Для установки автоколлиматора в различные положения для контроля используется специальный кронштейн-балка (рис. 4). Для контроля параллельности визирных осей приемных каналов ОЭП разработанный автоколлиматор работает в режиме коллимации, оценка параллельности осуществляется при помощи приемников ОЭП.

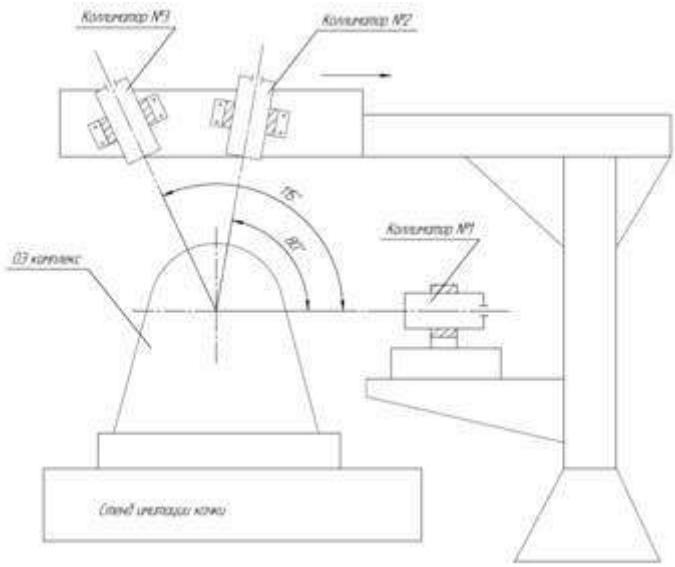


Рис. 4. Схема контроля ОЭП

Разработанный стенд выполняет все поставленные задачи и позволяет расширить список задач за счет высоких силовых характеристик стенда имитации качки, а также большому запасу по точности измерения автоколлиматора и возможности расширения спектрального диапазона работы.

Литература

1. Айбунд М.Р., Васильев И.С. Новые фотокатоды УФ- и ИК-диапазонов для перспективных фотоприемных устройств // Фотоэлектроника. – 2004. – С. 97–101.
2. Михельсон Н.Н. Оптические телескопы. – М.: Наука, 1976. – 510 с.
3. Латыев С.М. Конструирование точных (оптических) приборов. – СПб: Политехника, 2007. – 579 с.

Лашутина Екатерина Витальевна
Год рождения: 1989
Естественнонаучный факультет, кафедра высшей математики, группа 6742
Направление подготовки:
010400 Прикладная математика и информатика
e-mail: elashytina@gmail.com

УДК 537.632/.636

ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ МАГНИТНЫХ МОМЕНТОВ

Е.В. Лашутина
Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор В.М. Уздин

Динамика движения магнитных моментов в магнитоупорядоченных структурах определяет магнитные и транспортные свойства этих структур и, потому представляет большой интерес, как для фундаментальной науки, так и для приложений. Хотя движение отдельного момента в эффективном локальном магнитном поле описывается довольно просто, расчет самих полей, включающих внешние и внутренние поля самих моментов и микроскопических токов, является очень сложной задачей, которую удается решить лишь в определенных приближениях. В приближении локального

среднего поля феноменологические уравнения, определяющие движение магнитного момента, приходится решать самосогласованно, так, чтобы эффективное магнитное поле, создаваемое окружающими моментами и токами, совпадало с усредненным полем, создаваемым при движении рассматриваемого момента.

Микроскопическое описание процесса перемагничивания требует решения уравнений движения моментов при учете эффектов затухания, связанных с необратимой диссипацией энергии при перемагничивании.

Большинство задач динамики магнитных моментов может быть описано на основе квазиклассического уравнения Ландау-Лифшица, описывающего вращательное движение момента во внешнем поле и затухание этого движения. Хотя магнитный момент представляет собой классический вектор, это уравнение оказывается применимым к целому классу квантовых объектов и может быть выведено из них на основе микроскопического гамильтониана для широкого класса магнитных систем. Исследованию свойств уравнения Ландау-Лифшица и анализу движения моментов во внешнем поле и взаимодействующих посредством дипольного потенциала моментов во внешнем поле посвящалась данная работа.

В заключение сформулируем основные результаты, полученные в работе:

1. изучены теоретические подходы к описанию динамики магнитных моментов;
2. рассмотрены различные аспекты применения уравнения Ландау-Лифшица;
3. разработана программа по моделированию поведения магнитных моментов, позволяющая решать большинство задач динамики магнитных моментов, которые описывают целый класс квантовых объектов;
4. исследовано поведение ансамбля магнитных моментов в зависимости от действующих полей (анизотропии, внешнего поля, дипольного взаимодействия и силы, обусловленной температурными флуктуациями);
5. приведены примеры работы программы для ансамбля из десяти моментов.

Разработанная программа позволяет с задаваемой точностью моделировать решение квазиклассического уравнения Ландау-Лифшица

$$\frac{d\vec{M}}{dt} = \gamma[\vec{M},\vec{H}] - \alpha\frac{\gamma}{|\vec{M}|}[\vec{M},[\vec{M},\vec{H}]],$$

описывающего вращательное движение момента во внешнем поле и затухание этого движения; динамику небольшой системы магнитных моментов с заданным (дипольным) взаимодействием во внешнем поле и в его отсутствии, в поле анизотропии. Разработанная программа позволяет учитывать и дипольное взаимодействие спинов и термические флуктуации. Полученные результаты могут быть проверены в частных случаях аналитически.

Литература

1. Каганов М.И., Цукерник В.М. Природа магнетизма. – М.: Наука, 1982. – 192 с.
2. Parkin S.S.P., Hayashi M., Thomas L. Magnetic Domain-Wall Racetrack Memory, Science, 2008. – V. 320. – P. 190–194.
3. Скроцкий Г.В. Еще раз об уравнении Ландау-Лифшица // Успехи физических наук. – Т. 144. – Вып. 4. – С. 681–686.
4. Schieback C., Klaui M., Nowak U., Rudiger U., Nielaba P. Numerical investigation of spin-torque using the heisenberg model // European Physical Journal B. – 2007. – V. 59 (4). – P. 429–433.
5. Visscher P.B., Wang Shuxia. LLG simulation of MRAM switching trajectories // IEEE Transactions on magnetics. – 2006. – V. 42. – № 10.

6. Antropov V.P., Katsnelson M.I., Harmon B. Spin dynamics in magnets: equation of motion and finite temperature effects // Physical Review B. – 1996. – V. 54. – № 2.
7. Wang Shuxia, Visscher P. Switching rate of mafnetoresistive random access memory element: verifying transition state theory // Journal of applied physics. – 2006. – V. 99. – P. 08G106.
8. Hellsvik J., Skubic B., Nordstrom L., Eriksson O. Simulation of a spin-wave instability from atomistic spin dynamics // Physical Review B. – 2009. – V. 79. – P. 184426.

Логунов Никита Сергеевич
Год рождения: 1989
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем,
группа 6159
Направление подготовки:
211000 Конструирование и технология электронных средств
e-mail: n.s.logunov@gmail.com

УДК 621.3.049.77

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДОВ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ, ПОВЫШАЮЩИХ УРОВЕНЬ ЗАЩИЩЕННОСТИ КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Н.С. Логунов
Научный руководитель – д.т.н., профессор С.А. Арустамов

В настоящее время передача данных играет важную роль в любой сфере деятельности. Передача данных – это физический перенос информации по каналам связи. Для подключения оконечного оборудования данных к каналообразующей аппаратуре (КОА) используются различные виды аппаратуры передачи данных (АПД).

Цель работы – разработать аппаратно-программный комплекс для аппаратуры передачи данных и повысить защищенность информации, поступающей из КОА. Актуальность данной разработки обусловлена заменой устаревающего парка существующей аппаратуры разрабатываемым изделием, а также универсальностью и функциональностью изделия. Аппаратура предназначена для обмена речевыми сообщениями и файлами данных в тактическом звене управления войсками между корреспондентами. Одной из важнейших функций, выполняемых прибором, это повышение целостности приема информации. Реализация указанной функции и является основным направлением магистерской диссертации, которая осуществлялась посредством программы (подпрограммы) для цифрового процессора обработки сигналов. Изделие предназначается для использования силовыми структурами и разрабатывается по заказу министерства по чрезвычайным ситуациям (МЧС).

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:
- определить основные требования к АПД;
- определить структуру аппаратуры, ее программные ресурсы и элементную базу;
- разработать принципиальную электрическую схему;
- разработать алгоритмы взаимодействия с оконечным оборудованием данных и КОА;
- разработать алгоритм повышения целостности;
- разработать алгоритмы функционального подключения криптографии;

– разработать алгоритмы «диалога» между корреспондентами.

По каналам связи передаются громадные объемы двоичной информации, при этом канал связи, как и любая физическая среда, испытывает влияние внешних помех. В связи с этим необходимо быть уверенным в том, что поступившая на приемный конец информация достоверна. Известно большое количество методов повышения достоверности, которые основаны на введении избыточности в передаваемое сообщение. В зависимости от способа использования каналов связи для повышения достоверности все существующие системы передачи данных можно разделить на две большие группы:

1. системы без обратной связи;
2. системы с обратной связью.

Проведя анализ данных методов на лабораторном стенде, были выявлены ряд достоинств и недостатков обоих подходов, а именно:

При низкой зашумленности или вовсе отсутствии шумов системы с обратной связью используют по минимуму канал передачи данных и не вносят избыточность, в отличие от систем без обратной связи, в которых избыточность уже заложена в информационных пакетах, передаваемых по каналу.

Однако в каналах со средним и высоким уровнем шума количество повторных запросов пакетов в системах с обратной связью, значительно, и существует большая вероятность приближения к предельной пропускной способности канала передачи данных, что представляет риски полного выхода его из строя.

На этапе проектирования комплекса была выбрана решающая обратная связь с использованием циклического кодирования. В основе системы с решающей обратной связью (решение о необходимости повторения передачи осуществляется в приемнике) лежит принцип «запрос/повторение» – перезапрос только той части информации, которая была искажена. В основу циклического кодирования – CRC-метод: циклическое избыточное кодирование.

Решающая обратная связь обеспечивает исправление как одиночных, так и групповых ошибок. Для повышения помехоустойчивости целесообразно разбить файл на блоки, например, по 512 бит (64 байта) и вести поблочную передачу. Для каждого блока автоматически формируется контрольная сумма. Блок + КС передается по каналу связи. Если во время передачи на канал связи воздействовала помеха, и передаваемый блок исказился, то приемник, подсчитывая контрольную сумму принятого блока, определяет, что в блоке присутствует ошибка. После приема всех блоков, на приемном конце формируется квитанция, в которой указаны номера тех блоков, которые были приняты с ошибкой, и по каналу обратной связи отправляется на передатчик. В этом случае передающая сторона начинает заново передавать только те блоки, которые были приняты с ошибкой.

Применение корректирующего кода обеспечивает исправление только одиночных ошибок. В отличие от других корректирующих кодов – CRC обладает быстротой обработки информации и высокой помехозащищенностью и вероятностью обнаружения ошибки 99,94%.

Математической основой циклических кодов является алгебра полиномов, которая предполагает возможность представления двоичного числа в виде полинома.

Идея метода состоит в том, чтобы представить передаваемое сообщение в виде двоичного числа (или полинома), деление его на другое фиксированное двоичное число и использование остатка от деления в качестве контрольной суммы.

Применение методов повышения достоверности передачи данных обеспечивает вероятность того, что ошибка в сообщении, которая может возникнуть во время передачи по каналу связи, будет обнаружена и исправлена. Таким образом, повышение

достоверности является одной из функций АПД. Реализация методов повышения достоверности осуществляется за счет применения в АПД специальных аппаратно-программных средств.

В процессе выполнения работы была разработана программно-аппаратная платформа для аппаратуры передачи данных, которая позволяет эффективно повысить достоверность приема информации. Были определены основные требования к разрабатываемой АПД, структура АПД, элементная база, разработана принципиальная электрическая схема, выбран метод повышения достоверности и разработан алгоритм повышения достоверности.

Литература

1. Гольденберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.Н. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие для вузов. – 2-изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1990. – 256 с.
2. Шляпоберский В.И. Элементы дискретных систем связи. – М.: Воениздат, 1965. – 303 с.
3. Логунов Н.С. Разработка аппаратно-программной платформы аппаратуры передачи данных и обеспечение повышения достоверности приема // Сборник тезисов докладов конференции молодых ученых. Вып. 1. Труды молодых ученых. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – С. 63.
4. Sane A., Campbell R. Object-oriented state machines: Subclassing, composition, delegation, and genericity // OOPSLA, 1995.
5. Ross Williams N. Элементарное руководство по CRC-алгоритмам обнаружения ошибок. – 1993.
6. Аршинов М.Н., Садовский Л.Е. Коды и математика. – М.: Наука, 1983. – 144 с.
7. Золотарев В.В., Овечкин Г.В. Помехоустойчивое кодирование. Методы и алгоритмы: Справочник. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2004. – 126 с.
8. Anarchriz/DREAD. CRC и методы его восстановления. – 1998. – 17 с.

Лягушин Игорь Владиславович
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологий, кафедра технологии приборостроения, группа 6656
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: lepetytt@yandex.ru

УДК 004.912

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ДОБЫЧИ ЗНАНИЙ ИЗ INTERNET

И.В. Лягушин
Научный руководитель – к.т.н., доцент Б.С. Падун

Целью работы являлся анализ и разработка методов извлечения полезных знаний из неструктурированных или слабоструктурированных текстов для предметной области приборо- и машиностроения. Актуальность разработки системы извлечения полезных знаний из текста связана с тем, что в современных условиях возрастающего значения автоматизации технологической подготовки производства система позволяет снижать временные затраты наполнения баз знаний экспертных систем и повышать их эффективность, повышать качество проектных решений на производстве,

производительность на предприятиях. Также система будет способствовать формализации задач автоматизированной системы технологической подготовки производства. Имеющиеся системы подобного класса, представленные на рынке, в большинстве своем используют статистические или аналитические модели извлечения знаний, которые по своей эффективности уступают модели языка, использованной в данной работе. Также подобные продукты имеют высокую цену, сложны в настройке, и не всегда адаптированы для различных предметных областей знаний, что приводит к необходимости дальнейшей их доработки.

Задача разработанной системы извлечения знаний заключалась в анализе загружаемых из интернета или с локального носителя текстовых публикаций, в оценке их релевантности и последующей их загрузки в базу знаний, которая потом может быть подключена к экспертной системе. В основу работы была положена концепция анализа данных Data Mining, и ее частные методы Text Mining. Адаптированная модель естественного языка, использованная в работе, предназначена для поиска определенной тематической информации. В ней выделяются уровни – морфологии, синтаксиса и семантики. Однако последние отделены друг от друга. Синтаксический уровень содержит информацию о связях между словами, а семантический – определяет правила анализа, синтеза и обработки полученных конструкций [1]. Обычные статистические модели дают показатели полноты и точности при выборе форм слова и при разрешении многозначности значительно ниже, чем данная адаптированная модель и аналитические модели в целом, которые основаны на анализе семантических и синтаксических связей между объектами текста по заранее заданным правилам языка [2]. Среди остальных аналитических моделей была выбрана именно адаптированная модель, так как она обеспечивает наилучшее разрешение многозначности, что показано на рисунке ниже.

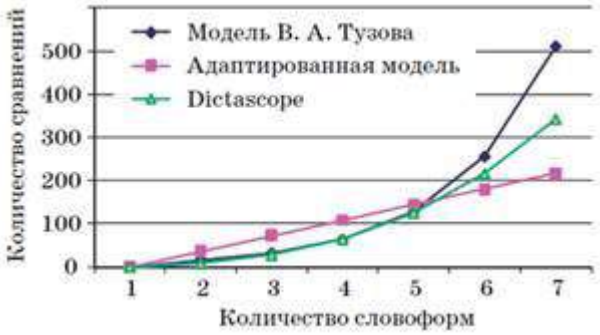


Рисунок. Сравнение характеристик адаптированной модели, аналитической модели В.А. Тузова и статистической модели Dictascope

Основной компонент системы – это модуль семантического анализа. Он содержит оптимизированный словарь, в котором примерно 250 тысяч словоформ, и осуществляет непосредственно анализ текста. Также для более точного определения предметной области анализа есть возможность подключения базы данных специальных терминов, которая в данной работе и специализирует систему к области приборо- и машиностроения. С модулем семантического анализа через протокол передачи гипертекста (HTTP – HyperText Transfer Protocol). HTTP-протокол связан модулем извлечения данных, который осуществляет извлечение публикаций из интернета с помощью встроенного crawler-модуля, или производит загрузки с локального носителя. Затем модуль извлечения отправляет полученный текст в семантический анализатор для предварительного анализа метаинформации текста, на основе которой принимает решение о необходимости дальнейшего анализа всего документа. Предварительный анализ проводится на основе кода универсальной десятичной классификации, названия документа, года публикации, ключевых слов, аннотации, содержания. Источникам, из

которых были получены релевантные публикации, автоматически повышается рейтинг надежности. Все релевантные документы отправляются в базу данных. Взаимодействие пользователя с системой производится посредством веб-интерфейса. В системе реализована сервис-ориентированная архитектура, которая позволяет проводить масштабируемость системы, ее линейное расширение для повышения производительности, создание отдельных ее экземпляров для разных предметных областей в короткие сроки.

Система показала хорошие результаты на тестовой выборке публикаций, процент погрешности составил 10%, что для систем подобного класса считается очень высоким показателем. За счет сервис-ориентированной архитектуры и универсальности системы, можно говорить о тенденциях ее дальнейшей эволюции, как то: встраивание модуля синтеза и принятия решений, установка на распределенную систему обработки данных, для повышения быстродействия, разработка модуля автоматизированного создания словаря терминов, усовершенствование алгоритма анализа текста для повышения точности и снижения погрешности.

Литература

1. Лебедев И.С., Борисов Ю.Б. Анализ текстовых сообщений в системах мониторинга информационной безопасности // Информационно-управляющие системы. – 2011. – № 2. – С. 37–43.
2. Лебедев И.С. Построение семантически связанных информационных объектов текста // Прикладная информатика. – 2007. – №5 (11). – С. 54–61.

Матвеев Сергей Михайлович
Год рождения: 1987
Факультет информационных технологий и программирования,
кафедра информационных систем, группа 6512
Направление подготовки:
230100 Информатика и вычислительная техника
e-mail: msbezdna@gmail.com

УДК 005

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ СТРУКТУРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ ОРГАНИЗАЦИЯХ С ВЕБ-СТРАНИЦ

С.М. Матвеев
Научный руководитель – О.А. Большакова
(ООО «Яндекс»)

Для любого справочника организаций существует задача постоянного пополнения и актуализации имеющихся у него данных. Для ее решения необходимо наладить процесс их регулярного получения и создать систему обработки, которая определяла бы качество и актуальность получаемой информации и принимала решение о пополнении и обновлении сведений в базе данных справочника.

Система принятия решений уже разработана, но для ее эффективного функционирования необходим входящий поток данных об организациях. В настоящее время данные поступают из различных источников, в том числе и от автоматического

сбора данных об организациях, но существующая система автоматического сбора плохо применима к большим объемам входных данных (html-страницам) и, как следствие, создает довольно небольшой выходной поток. В данной работе требовалось разработать систему автоматического извлечения информации об организациях с веб-страниц, предоставляющую данные системе анализа.

Требования, предъявляемые к системе:

- система должна извлекать о компании: адрес, название, телефон, адрес электронной почты, адрес сайта компании, рубрику к которой относится деятельность компании;
- иметь высокую точность (свыше 90%);
- подавать на вход системы анализа большой объем данных, более 10 млн карточек в месяц.

Для создания данной системы необходимо:

1. классифицировать, определить характеристики типов источников информации в сети Интернет, и выбрать тип источника, с которого система будет собрать данные;
2. проанализировать существующую систему, выявить ее проблемы и недостатки;
3. разработать новую модель системы автоматического сбора данных, устраняющих недостатки существующей системы;
4. разработать эффективные алгоритмы извлечения из текста:
   - адреса;
   - названия;
   - телефона;
   - времени работы;
5. оценить полученные алгоритмы и скорость работы системы.

По результатам тестового прогона системы она показала достаточно хорошую скорость обработки страниц: около 90 млн страниц в месяц, и большой создаваемый выходной поток данных, около 40 млн карточек организаций в месяц, что значительно превосходит предъявляемые изначально требования к системе.

Разработанные и описанные в работе алгоритмы оценивались по характеристикам полноты и точности. По результатам оценки они имеют довольно высокие показатели. Оценки приведены в таблице. Все оценки, кроме оценки полноты времени работы, имеют доверительный интервал 95%.

Таблица. Показатели полноты и точности алгоритмов

Алгоритм определения	Полнота	Точность
Адреса	89%	98%
Название	95%	96%
Телефона	93%	99%
Времени работы	70%	95%

В результате, в ходе работы на основе существующей системы была создана новая система автоматического извлечения данных, удовлетворяющая всем поставленным требованиям. Были созданы эффективные алгоритмы определения адреса, имени компании, времени работы и телефонов. Получившаяся система на текущий момент полностью удовлетворяет потребности системы анализа во входящем потоке информаций о компаниях. Она является масштабируемой и может обеспечить значительно больший поток информации за счет увеличения выделяемых ей мощностей.

В качестве направлений дальнейшего развития работы можно выделить несколько направлений:

1. адаптация алгоритмов для других языков (сейчас алгоритмы адаптированы под русский и украинский язык);
2. увеличение полноты и точности алгоритмов;
3. разработка методов определения страниц деталей без извлечения списочных структур. Данное направление позволит увеличить охват сайтов агрегаторов, так как не все из них имеют списочные структуры, подходящие для применяемых в работе алгоритмов извлечения информации;
4. доработка существующих и разработка новых алгоритмов для извлечения информации с персональных сайтов организаций, не имеющих информации о филиалах в виде списочной (регулярной) структуры.

Литература

1. Батыгин В.В. ВКР на тему «Разработка системы для автоматического извлечения нестрого структурированной информации из сети Интернет». – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 60 с.
2. Dialling procedures (Inretnational prefix, national (trunk) prefix and national (significant) number). TSB, 2010. – URL:www.itu.int/dms_pub/itu-t/opb/sp/T-SP-E.164D-2011-PDF-E.pdf, своб.
3. Николенко С.И., Тулупьев А.Л. Самообучающиеся системы. – М.: МЦНМО, 2009. – 288 с.
4. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И. Технологии анализа данных. Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP. – БХВ-Петербург, 2007. – 384 с.
5. Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ. – М.: Вильямс, 2009. – 1296 с.
6. Эккель Брюс. Философия Java. – СПб: Питер, 2003. – 976 с.
7. Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Дж. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. – СПб: Питер, 2007. – 366 с.
8. Фаулер Мартин. Рефакторинг. Улучшение существующего кода. – М.: Символ-Плюс, 2008. – 432 с.
9. Joshua Bloch. Effective Java: Programming Language Guide, Prentice Hall. – 2008. – 384 с.
10. Граннеман Скотт. Linux. Карманный справочник: пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2008. – 417 с.
11. Киркинский А.С. Математический анализ: учебное пособие для вузов по направлениям и специальностям в области техники и технологии / А.С. Киркинский. – М.: Академический проект, 2006. – 526 с.

Медведев Владимир Анатольевич
Год рождения: 1989
Естественнонаучный факультет, кафедра высшей математики, группа 6742
Направление подготовки:
010400 Прикладная математика и информатика
e-mail: vladimir.medwedew@gmail.com

УДК 004

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

В.А. Медведев
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент И.А. Суслина

В работе рассматривались некоторые способы изучения набора исходных данных по объемам грузоперевозок. **Целью работы** являлась выработка алгоритма прогнозирования значения в определенный момент времени на базе исходных данных. На первом этапе в работе рассматривалась общая обработка начальных данных при помощи выбора наиболее эффективного метода замены пропущенных значений и восстановления общего порядка.

В качестве метода замены выбран алгоритм «усреднения по номеру дня недели». Также стоит отметить, что из исходных данных после замен были удалены все воскресенья, так как объем грузопотока в эти дни несущественен. Для анализа процесса осуществляется построение его корреляционной функции, периодограммы. Для анализа трендов строится линейная аппроксимация процесса по методу наименьших квадратов. Исходя из полученных результатов при анализе процесса, можно предположить следующую модель (1).

$$X(t) = X^{\text{тр}}(t) + X^{\text{пер}}(t) + X^{\text{ост}}(t), \qquad (1)$$

$X^{\text{тр}}(t)$ – трендовая составляющая (линейная функция); $X^{\text{пер}}(t)$ – периодическая составляющая; $X^{\text{ост}}(t)$ – остаточный процесс.

После выделения отдельных составляющих идет рассмотрение остаточной составляющей, так как в качестве нее можно рассматривать белый шум. Это получается из рассмотрения корреляции между смоделированным белым шумом и остаточной составляющей исходного процесса.

Перед началом прогнозирования была разработана программа, осуществляющая моделирование различных длительностей участков анализа. Из результатов этого моделирования видно, что среднеквадратичное равновесие (СКР) остаточной составляющей близок к среднеквадратической ошибке прогноза, начиная с N порядка 20. По этой причине длина участка в этой работе выбрана 20 недель.

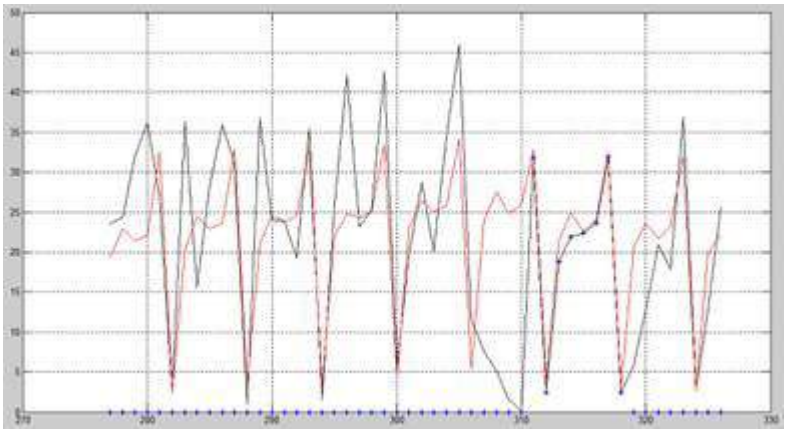


Рисунок. Прогноз на базе 20 недельного участка анализа

На рисунке можно наблюдать сведенные графики прогноза и исходные данных при учете пропусков. Синим, обозначены пропуски, все значения отличные от нуля означают замену. Черным обозначены исходные данные, красным прогноз. Участок анализа на данном рисунке не выводится, так как он не интересен для рассмотрения. Для прогноза и исходных данных он совпадает.

Рассмотрев средние значения СКР процесса по участку анализа, остаточной составляющей и среднеквадратическую ошибку прогноза, результаты представлены в таблице.

Таблица. Результаты по участку анализа

δ_x	$\delta_{ост}$	$\delta_{прогноз}$
11,0821	6,6790	7,0961

Можно говорить, что ошибка прогноза близка к СКР остаточной составляющей. Прогнозирование на основе трендовой и периодической составляющей позволяют уменьшить ошибку прогноза примерно на 36%.

Литература

1. Боровиков В.П., Ивченко Г.И. Прогнозирование в системе Statistica в среде Windows. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 384 с.
2. Ингстер Ю.И., Михеев А.В., Солнышкин С.Н., Чирина А.В. «Основные алгоритмы численного анализа». Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Вычислительная математика». – СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2009. – 30 с.
3. Информация с сайта www.exponenta.ru, своб.
4. Ширяев А.Н. Основы стохастической финансовой математики. – М.: Фазис, 1998. – 544 с.
5. Боровиков В.П., Боровиков И.П. STATISTICA – Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. – М.: Филинъ, 1997. – 608 с.
6. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. – М.: Статистика, 1977. – 200 с.
7. Информация с сайта ru.wikipedia.org, своб.
8. Чураков Е.П. Математические методы обработки экспериментальных данных в экономике: Учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 240 с.
9. Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М. Анализ временных рядов и прогнозирование – М.: Финансы и статистика, 2001. – 228 с.

Мехоношин Артем Валерьевич
Год рождения: 1989
Естественнонаучный факультет, кафедра интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере, группа 6709
Направление подготовки:
230400 Информационные системы и технологии
e-mail: luckygnom@gmail.com

УДК 004

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ ЛИЧНОСТНЫХ КАЧЕСТВ СТУДЕНТОВ КУРАТОРОМ

А.В. Мехоношин
Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. Н.Н. Горлушкина

Студент высшего учебного заведения уникален как личность и для того, чтобы усвоение материала им происходило более эффективно, к каждому должен быть применен индивидуальный подход. В высших учебных заведениях этим занимается человек в должности куратора. В современном высшем учебном заведении куратором обычно является один из студентов старших курсов или преподаватель. Как результат – кураторские обязанности являются дополнительной и не основной нагрузкой для куратора. Исходя из этого, **актуальность исследования** заключалась в возможности упрощения деятельности куратора. Исследование нацелено на частичную автоматизацию индивидуальной работы куратора путем использования инструментария для оценивания личностных качеств студентов куратором. Инструментарий содержит в себе психологические тесты на выявление личностных особенностей. Особенность инструментария заключается в наличии базы знаний, которая содержит в себе рекомендации для куратора и правила их формирования. Стоит отметить, что формулировки рекомендаций занесены в систему заранее, но выборка рекомендаций происходит на основе результатов тестов студентов по правилам, занесенным в базу знаний. Таким образом, результат каждого пройденного теста влияет на формулировку рекомендации и может изменить формулировку рекомендации или наоборот еще раз ее подтвердить. Текст рекомендаций формулируется специалистом психологом. Предполагается, что грамотная работа с инструментарием может способствовать более быстрому пониманию личностных особенностей отдельных студентов, а значит, более простой и быстрой установке личного контакта куратора и студента.

Целью работы являлось спроектировать инструментарий для оценивания личностных качеств студентов куратором, т.е. дать куратору инструмент, с помощью которого он сможет наиболее эффективно и быстро оценивать личностные особенности каждого студента. Указанная цель предопределила постановку следующих задач диссертационной работы:

- проанализировать принципы работы куратора;
- изучить аналоги проектируемого инструментария;
- изучить методы психологического тестирования;
- спроектировать инструментарий.

Теоретическая значимость работы заключается в том, что куратор сможет тратить меньше время на выполнение рутинных обязанностей своей должности и сможет сконцентрироваться на индивидуальном подходе к курированию каждого

студента. Предполагается, что, как результат, куратор сможет выполнять свою работу более эффективно в те же временные сроки, что и в данный момент. Для измерения эффективности работы куратора можно использовать три основных характеристики: оценки студентов по итогам сессии, динамика изменения оценок студентов, оценка выполнения работы куратора на основе выполнения или не выполнения целей, поставленных перед куратором в «Положении о работе куратора». Также возможно производить анонимное анкетирование студентов с целью выяснения их личного мнения о работе куратора и того, насколько его деятельность повлияла на учебу.

Практическая значимость работы заключается в том, что в процессе разработки инструментария помощи куратору система получает все больше функций, которые призваны сохранить время куратора. Функции, направленные на работу с документами, оценками студентов, объявлениями для студентов и прочее – помогут оптимизировать бумажную работу куратора и перевести ее в электронный вид. Функция тестирования позволит куратору быстро и эффективно узнать информацию о психологических особенностях курируемых им студентов, кроме того, использование базы знаний в системе, которая учитывает все результаты прохождения тестов, позволит со временем выдать куратору достаточно точную и специфичную (относительно каждого студента) рекомендацию. Возможной является также реализация оценки эффективности работы куратора с помощью системы. Например, производить анонимное анкетирование студентов с целью выяснения их личного мнения о работе куратора и того, насколько его деятельность повлияла на учебу. Оценки студентов возможно взять из модуля работы центра дистанционного обучения и вывести в системе отдельно: каждую оценку и средний балл студентов. Динамика изменения оценок студентов может быть представлена в виде автоматически составляемого системой графика средних оценок по группе. Также возможным видится реализовать различные графики на основе баллов студентов: графики количества полученных баллов группой в целом или каждого студента в отдельности, отдельные графики по предметам и т.д. Социальное исследование о выполненности обязанностей куратора может представляться в виде целей и оценки их выполнения (например, по следующей шкале: выполнена, не выполнена, частично выполнена) и какого-то короткого описания результатов по выполнению цели. Все это также возможно хранить в проектируемом инструментарии. Анкетирование студентов также возможно производить посредством проектируемого инструментария, а благодаря возможности доступа к нему посредством интернета, появляется возможность обеспечения полной анонимности результатов анкетирования.

Обзор известных решений проблемы привел к подробному рассмотрению трех аналогов: системы тестирования Vienna, автоматизированной системы психологического тестирования Maintest 4, проекта «Ориентир», в частности, его подсистемы ЭС «Cattell». Стоит отметить, что в процессе поиска аналогов для анализа, в первую очередь, рассматривались системы, созданные для русскоязычного сектора. По результатам обзора аналогов были сделаны следующие важные для исследования выводы:

- существующие аналоги не являются web-системами, данные аналоги реализованы в формате приложения для компьютера, а так как системы, реализованные для работы с ними в web-пространстве, на данный момент являются более перспективными в среде высших учебных заведений, то разработка инструментария является вполне актуальной, даже несмотря на частичное совпадение результатов, которые он выдает с результатами уже существующих систем;
- несмотря на то, что ЭС «Cattell» (наиболее близкий аналог по тематике к проектируемому инструментарию) не концентрируется на помощи в установлении

контакта между куратором и студентом, данный помощник – данный аналог – оказался полезен с точки зрения определения принципа построения разрабатываемой системы.

Таким образом, **в результате выполненной работы**:

- проанализирована структура работы куратора, создана IDEF0-схема работы куратора высшего учебного заведения, обязанности куратора разделены по группам, выделены группы обязанностей, которые могут быть автоматизированы, определен этап, на котором внедрение инструментария помощи куратору будет наиболее эффективна;
- разработаны IDEF0-диаграммы, UML-диаграмма, диаграмма компонентов, представлены интерфейсы инструментария и диаграммы структуры навигации по инструментарию;
- обосновано применение базы знаний в инструментарии, были описаны знания, которые должны храниться в базе знаний для успешной работы инструментария.

Исходя того, что проект полностью готов, перспективой развития работы является реализация системы, внедрение ее в работу куратора и проведение исследования о влиянии инструментария на эффективность работы куратора.

Литература

1. Коваленко В.Е., Кольцова Н.Е., Лобанов Ю.И., Ремизова Е.А., Соловов А.В. Базы знаний учебного назначения. – М., 1992. – 60 с.
2. Дворянкин А.М., Кизим А.В., Жукова И.Г., Сипливая М.Б. Искусственный интеллект. Базы знаний и экспертные системы: Учебное пособие. – ВолгГТУ. – Волгоград: РПК «Политехник», 2003. – 140 с.
3. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем: Учебник для вузов. – СПб: Питер, 2000. – 384 с.
4. Пишо Пьер. Психологическое тестирование. – 16-е изд-е. – СПб: Питер, 2003. – 160 с.
5. Кирякова Г.С. Базы знаний и экспертные системы: Учебное пособие. – Красноярск, 2002. – 100 с.
6. Микони С.В. Модели и базы знаний: Учебное пособие. – СПб: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2000. – 155 с.
7. Анастази Анна, Урбина Сьюзан. Психологическое тестирование. – 7-е изд-е. – СПб: Питер, 2001. – 688 с.
8. Бровина Л.Б. Хрестоматия по общей психологии. – М.: МГУ, 1981.
9. Нильсон Н. Искусственный интеллект. Методы поиска решений. – М.: Мир, 1973. – 273 с.
10. Поспелов Д.А. Моделирование рассуждений. – М.: Радио и Связь, 1989. – 186 с.
11. Гаврилова Т.А., Червинская К.Р. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем. – М.: Радио и связь, 1992. – 200 с.
12. Яшин А.М. Базы знаний и экспертные системы: Учебное пособие. – Л.: ЛПИ, 1990. – 72 с.
13. Карпова Т.С. Базы данных и знаний в интеллектуальных вычислительных системах: Учебное пособие. – Л.: ЛИАП, 1990. – 79 с.
14. Реан А.А. Психология изучения личности: Учебное пособие. – СПб: Изд-во В.А. Михайлова, 1999. – 288 с.
15. Платонов К.К. О системе психологии. – М.: Мысль, 1972. – 216 с.
16. Аринина Г.А., Князев А.М. Изучение личности в организации. – М.: Изд-во РАГС, 2006. – 279 с.

Михайлов Андрей Александрович
Год рождения: 1989
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра оптических технологий, группа 6345
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
e-mail: ice.nerd@mail.ru

УДК 681.067.455

ФОРМИРОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ НА ОБРАЗУЮЩИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

А.А. Михайлов
Научный руководитель – д.т.н., профессор Л.А. Губанова

Современному приборостроению могут требоваться детали, с нанесенными вакуумными методами оптическими покрытиями, имеющие более сложные формы поверхностей, которые отличны от сферических или плоских. Очевидно, для таких деталей технология нанесения будет более сложной. И в отличие от названых выше поверхностей описание таких технологий практически не встречается в литературе.

Задача вычисления распределения толщины слоя при осаждении покрытий в вакууме является общей задачей не только оптики тонких пленок, но и оптической технологии, так как распределением толщины слоев покрытия по поверхности подложки определяются энергетические и фазовые характеристики отраженного и прошедшего излучения [1].

В работе было рассмотрено моделирование процесса формирования равнотолщиного покрытия на детали цилиндрической формы. Такие детали могут применяться в различных направлениях, таких как лазерная техника, кинообъективы, различные оптические приборы. Покрытия, наносимые на такие детали, также могут быть различными: просветляющими, защитными, фильтрующими и т.д. Для получения покрытия на поверхности детали с минимальным отклонением по толщине необходимо определить параметры процесса осаждения, такие как геометрические размеры вакуумной камеры, угловые скорости вращения детали, которые будут являться оптимальными. Для решения поставленной цели, т.е. определения оптимальных параметров процесса осаждения, необходимо было построить работоспособную математическую модель, проверить эту модель при различных наборах параметров и найти наиболее удачный набор значений параметров.

Толщина покрытия в произвольной точке на рассматриваемом цилиндре будет пропорциональна произведению косинуса угла между нормалью к испарителю и отрезку, соединяющему испаритель и точку на цилиндре, и косинуса угла между нормалью к этой точке и тем же отрезком к квадрату длины рассматриваемого отрезка [1, 2]:

$$t \sim \frac{\cos \vartheta_1 \cdot \cos \vartheta_2}{p^2}. \qquad (1)$$

При этом цилиндр совершает тройное вращение, как показано на рис. 1.

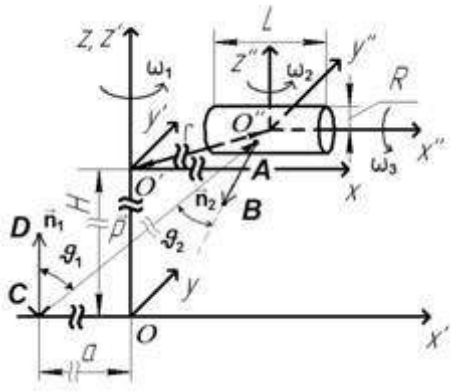


Рис. 1. Схема расположения и вращения цилиндра относительно испарителя с указанными рассматриваемыми точками

Косинусы можно выразить через скалярные произведения векторов нормалей с вектором *p*. Таким образом, определение толщины в произвольной точке на детали будет сводиться к определению мгновенных координат некоторого набора особых точек. В работе было детально показано построение математической модели, проверка модели при наборах параметров, дающих предсказуемое распределение толщины на поверхности цилиндра.

Были получены распределения толщины покрытия на детали с различными наборами параметров. На рис. 2 представлены линии уровня одного из таких распределений. Исходя из характеров распределений, были выведены оптимальные параметры, которые позволяют получать минимальное отклонение по толщине покрытия порядка 1–2% практически на всей поверхности цилиндра. Разработанная модель может быть перестроена для определения параметров процесса осаждения, с целью получения заданного распределения по толщине покрытия на поверхности детали. В алгоритм подсчета возможно внесение дополнительных факторов, от которых в реальности будет зависеть толщина покрытия на детали. Это позволит точнее определять влияние новых параметров и улучшать качество модели.

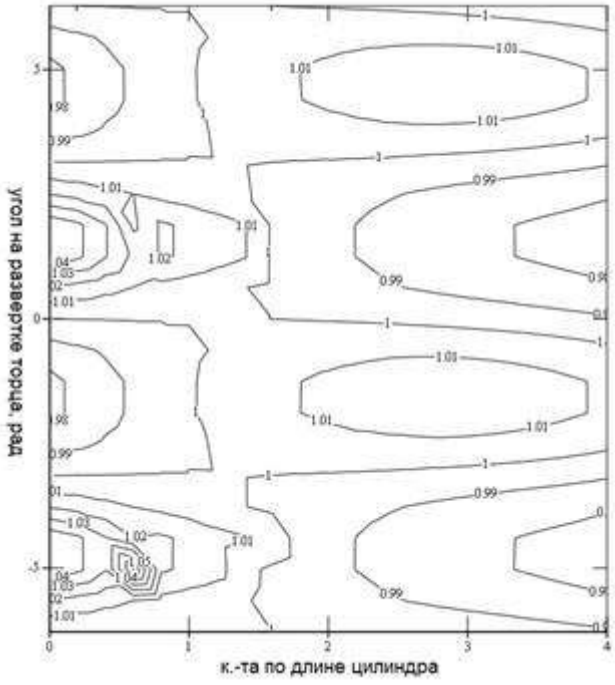


Рис. 2. Линии уровня нормированной по максимальному значению в одном из сечений толщины покрытия на цилиндре

Литература

1. Губанова Л.А., Путилин Э.С. Интерференционные покрытия, формирующие энергетические и волновые параметры излучения. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 220 с.
2. Котликов Е.Н., Варфоломеев Г.А., Лавровская Н.П., Тропин А.Н., Хонинева Е.В. Проектирование, изготовление и исследование интерференционных покрытий: Учебное пособие. – СПб: ГУАП, 2009. – 189 с.

Моисеева Валерия Александровна
Год рождения: 1989
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра оптических технологий, группа 6345
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
e-mail: valeria_moska@mail.ru

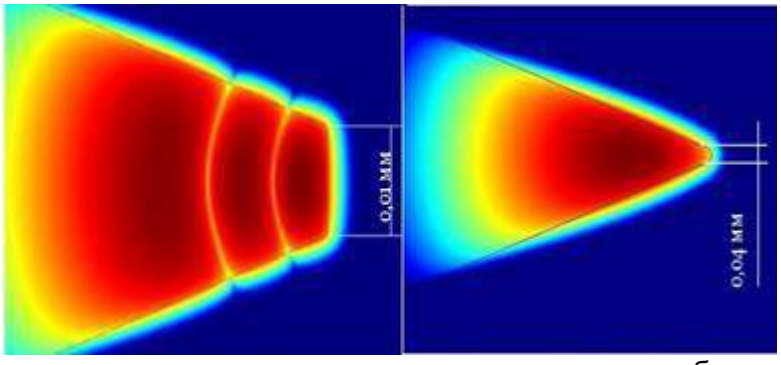
УДК 67.02

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПТИЧЕСКИХ РЕЗОНАТОРОВ ДЛЯ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

В.А. Моисеева
Научный руководитель – ст. преподаватель М.В. Погумирский

Сегодняшняя техника очень требовательно относится к фазовым шумам при генерации импульсов в гига- и терагерцовых диапазонах. Резонаторы на основе кремния, германия, арсенида галлия обладают недопустимым соотношением шум-сигнал для некоторых применений. Исследованиям по созданию оптических генераторов в этом диапазоне уделяют внимание все ведущие университеты мира.

В работе рассматривались различные конструкции оптоэлектронных резонаторов, использующихся в качестве терагерцовых генераторов. На сегодняшний день остро стоит проблема выбора конструкции резонатора. Каждый производитель старается найти наиболее оптимальную форму резонатора, при этом уменьшив его размеры. Наиболее популярными формами конструкций резонаторов являются сфера, диск, тор, тонкий диск, конус и тарелка. При выборе конструкции резонатора также необходимо учитывать потери излучения, при прохождении его внутри резонатора, а также выполнения полного внутреннего отражения (ПВО) света внутри резонатора. Некоторые производители для достижения ПВО наносят на резонатор серебряное покрытие, которое также уменьшает потери.



а б

Рис. 1. Распределение энергии внутри резонатора: с конусообразной боковой поверхностью (а); с плоской боковой поверхностью (б)

Оказывается возможным определить для резонаторов различных конструкций количество мод и величину энергии внутри него. Такие расчеты были проведены в институте ФЕМТО на программе «Cronos». Такая программа решает уравнение Максвелла и находит распределение энергии внутри объекта. В результате, можно увидеть, что в резонаторе с конусообразной боковой поверхностью (рис. 1, а) существует только одна мода, в отличие от резонатора с полоской боковой поверхностью (рис. 1, б). При этом также стоит отметить, что величина энергии внутри резонатора с конусообразной боковой поверхностью выше, чем у резонатора с плоской боковой поверхностью на одной и той же длине волны.

Стоит обратить внимание, что в резонаторе с конусообразной боковой поверхностью энергия распределена не на краю, в отличие от резонатора с плоской боковой поверхностью.

Таким образом, наиболее выгодно выбрать резонатор в форме мини-диска.

В работе показаны расчеты конструкции резонатора. Зная такие параметры резонатора, как его толщина и радиус срезанной части, а также используя зависимость угла падания света внутри мини-диска от его параметров, можно просчитать, будет ли в диске существовать одна или несколько мод. Также приведен расчет количества переотражений внутри резонатора в виде мини-диска.

В результате были получены следующие критерии, позволяющие получать высокодобротные колебания.

1. Луч, который движется внутри волновода, должен быть ближе к меридиональному лучу.
2. Количество переотражений внутри мини-диска должно быть минимально, чтобы уменьшить влияние проблем, связанных с поверхностью.
3. Волна, существующая внутри мини-диска, должна быть замкнутой.
4. Технологически трудно изготовить поверхность без обсыпки материала в тонких слоях.

В настоящий момент существует множество технологий изготовлений резонаторов. В работе рассматривались различные технологии, а также их достоинства и недостатки. В результате такого обзора был сделан вывод, что оптимальной технологией изготовления резонаторов является механообработка. Минусом данного метода является только разрушение образца по краю (рис. 2), но она не влияет на существование моды (стоячей волны) внутри резонатора.

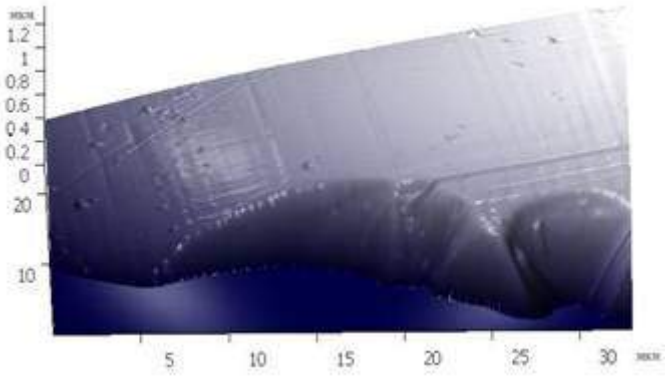


Рис. 2. Разрушение края образца при увеличении на атомном микроскопе

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

- предложены критерии, позволяющие повысить добротность резонатора;
- предложена конструкция оптического резонатора в виде мини-диска;
- проведен обзор технологий изготовления резонаторов и выявлена наиболее оптимальная технология изготовления в условиях нынешнего производства.

Литература

1. Ostby Eric Paul. Photonic whispering-gallery resonators in new environments. Dissertation. – California Institute of Technology. 2009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://resolver.caltech.edu/CaltechETD:etd-05292009-172708, своб.
2. Savchenkov A.A., Matsko A.B., Ilchenko V.S. and Maleki Lute. Optical resonators with ten million finesse // Opt. Express. – 2007. – V. 15. – P. 6768–6773.
3. Tavernier Herve, Nguyen Ngan, Kim Thi, Feron Patrice, Bendoula Ryad, Salzenstein Patrice, Rubiola Enrico, Larger Laurent. Optical disk resonators with micro-wave free spectral range for optoelectronic oscillator // European Time and Frequency Forum. – Toulouse: France, 2008.

Некрасова Яна Андреевна
Год рождения: 1989
Факультет фотоники и оптоинформатики,
кафедра оптоинформационных технологий и материалов,
группа 6351
Направление подготовки:
200700 Фотоника и оптоинформатика
e-mail: Nekrasova@oi.ifmo.ru

УДК 535.33; 535.372; 535.354

НЕОРГАНИЧЕСКИЕ КРАСНЫЕ ЛЮМИНОФОРЫ ДЛЯ БЕЛЫХ СВЕТОДИОДОВ

Я.А. Некрасова
Научный руководитель – к.ф.-м.н., ассистент В.А. Асеев

На сегодняшний день во всем мире актуальной задачей является снижение энергопотребления. Одним из возможных вариантов решения является переход на энергоэффективные и безопасные источники света вместо используемых на данный момент ламп накаливания и люминесцентных ламп. Наилучшими характеристиками среди источников света на сегодняшний день обладают белые светодиоды. Основной привлекательной чертой светодиодной технологии является принципиально более высокий по сравнению с альтернативными технологическими решениями уровень светоотдачи (свыше 100 лм/Вт), что способно привести к значительным экономическим и социальным эффектам.

Существующие технологии получения белого света позволяют создавать источники путем сведения излучения нескольких светодиодов, либо нанесения на синий полупроводниковый диод различных люминофоров. В основном это диоды на основе InGaN, излучающие на длине волны 465 нм.

Основные направления развития светодиодной промышленности подразумевают разработку материалов с принципиально новыми свойствами и манипулирование наноразмерными компонентами для улучшения индекса цветопередачи (CRI) светоизлучающих диодов (СИД), основанных на преобразовании излучения синего диода. Приоритетной задачей является разработка и изготовление красных люминофоров с низкой стоимостью, высокой химической стойкостью и высокой эффективностью преобразования. Добавление таких материалов к белым СИД, созданным по существующим технологиям, позволят перемещаться по цветовой диаграмме в сторону более теплых значений цветовых температур. Одним из перспективных материалов для таких люминофоров являются оксифторидные стекла и

стеклокерамики, активированные ионами марганца и европия (красные люминофоры с максимумом излучения на 620 нм).

Целью магистерской диссертации являлось исследование спектрально-люминесцентных свойств оксифторидных стекол и стеклокерамик, активированных ионами редкой земли (Eu^{3+}) и переходных металлов (Mn^{2+}).

В работе использовались образцы, полученные на основе оксифторидной матрицы. В качестве ионов-активаторов вводились EuF_3 и MnF_2 в концентрациях 0,5–3 мол.% и 2–20 мол.% (при совместном введении Eu_2O_3 в концентрации 0,2%), соответственно.

Возбуждение люминесценции образцов, а также измерение кинетики затухания люминесценции осуществлялось с помощью импульсного лазера LS-2131M фирмы Lotis TII с приставкой-преобразователем излучения HG-T, длина волны лазерного излучения составляла 355 нм, а также различных промышленных светодиодов. Регистрация спектров проводилась в видимом диапазоне длин волн (400–800 нм) с шагом 0,5 нм. Все измерения проводились при комнатной температуре и были нормированы на спектральную чувствительность.

Исследуемые стекла и стеклокерамики, активированные ионами Eu^{3+} и Mn^{2+}, обладают интенсивными полосами люминесценции в интересующей нас красной области спектра: полосы трехвалентного европия на 595 нм ($^5D_0 \rightarrow {}^7F_1$), 618 ($^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$) и 700 нм ($^5D_0 \rightarrow {}^7F_4$), а также широкая полоса люминесценции марганца с максимумом на 620 нм ($^4T_1(^4G) \rightarrow {}^6A_1(^6S)$). В ходе работы были определены зависимости спектров люминесценции от концентраций ионов-активаторов, получены значения времени жизни люминесценции. Было установлено, что увеличение концентрации ионов марганца приводит к смещению максимума широкого пика люминесценции в более длинноволновую область, что может быть связано с изменением действия поля лигандов. Наличие интенсивной люминесценции исследуемых материалов в желто-красной области спектра позволило сместить суммарный спектр излучения полученных на их основе светодиодов в область более теплых цветовых температур. Также были определены значения CRI и цветовых температур полученных люминофоров.

По результатам работы был сделан вывод, что наилучшими характеристиками обладает образец, активированный ионами Mn^{2+}, его цветовая температура составила 3450 К и CRI = 75 Ra.

Полученные люминофоры являются перспективными для их использования в энергоэффективных источниках белого света. Такие источники могут найти применение в системах освещения и дизайнерской подсветки, медицинской технике, а также подсветке ЖК-экранов.

Литература

1. Дорожная карта «Использование нанотехнологий в производстве светодиодов». – М.: ГК Роснанотех, 2010. – 205 с.
2. Evans R.M. The perception of color. – Wiley, New York, 1974. – 248 p.
3. Aseev V., Kolobkova E., Nikonorov N. New nanoglassceramics doped with rare earth ions and their photonic applications. Chapter in book Advanced Photonic Sciences / Ed. by M. Fadhali, InTech. – 2012. – P. 105–131.
4. Mikami M., Watanabe H., Uheda K., Shimooka S., Shimomura Y., Kurushima T., Kijima N. New phosphors for white LEDs: Material design concepts materials // Science and Engineering. – 2009. – № 1. – P. 1–10.

5. Асеев В.А., Голубков В.В., Колобкова Е.В., Никоноров Н.В. Лантаноидные оксифториды свинца в стеклообразной матрице // Физика и химия стекла. – 2012. – Т. 38. – № 1. – С. 11–18.

Носова Марьяна Дмитриевна
Год рождения: 1989
Факультет оптико-информационных систем и технологий, кафедра компьютеризации и проектирования оптических приборов, группа 6321
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
e-mail: crazygirl1703@gmail.com

УДК 531.7.08:535.42/.44

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФРАКЦИОННЫХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ОБЪЕКТОВ

М.Д. Носова
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Н. Иванов

Введение. В настоящее время одним из наиболее используемых угловых измерителей является цифровой автоколлиматор [1]. Современные автоколлиматоры имеют погрешность 0,5–2 угл. сек. при диапазоне измерений порядка 1–10 угл. мин. Еще более высокую точность имеют интерференционные автоколлиматоры [2] – их погрешность не превышает 0,1–0,5 угл. сек. Недостатком указанных устройств являются большие габариты, сложность конструкции и жесткие допуски на ряд их узлов. Более простыми являются методы дифракционных угловых измерений на основе сопряжения дифракционных решеток [3].

В связи с этим в качестве альтернативы был выбран метод измерения угловых перемещений на основе двойной дифракции на щели [4]. Основными достоинствами данного метода является: простота схем его реализации, малые габариты, высокая точность измерений, которая достигается за счет работы с Фурье-спектром объекта.

Содержательная часть. Целью работы являлась разработка дифракционного метода измерения угловых перемещений с погрешностью не более 1″ и диапазоном измерения ±1'.

Функциональная схема, реализующая дифракционный метод измерения угловых перемещений представлена на рис. 1.

При прохождении когерентного пучка через спектральную щель 3 возникает дифракционная картина Фраунгофера. Далее дифрагированное излучение попадает на зеркало 4, отражается и вновь попадает на щель 3, создавая за ней дифракционную картину с двумя характерными максимумами. Она регистрируется приемником излучения 6. Данная схема реализует метод двойной дифракции на щели. Он основан на том, что можно с высокой точностью определить положение точки минимума дифракционной картины от щели, пользуясь тем, что в ней происходит изменение знака фазы сигнала. Если совместить с точкой минимума центр второй щели, то в дифракционной картине Френеля за ней возникает характерное распределение интенсивности, по которому можно оценить величину несовпадения центра щели с точкой минимума.

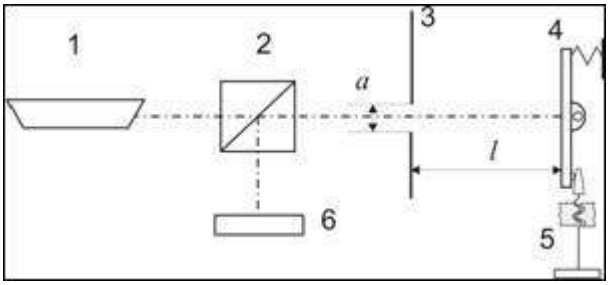


Рис. 1. Функциональная схема дифракционного метода измерения угловых перемещений: 1 – лазер; 2 – светоделительный куб; 3 – спектральная щель; 4 – зеркало; 5 – привод зеркала; 6 – цифровая ПЗС-камера

Если излучение направлено на щель (рис. 2) под углом $\varphi = \mathrm{atan}(N\,\lambda/a)$, где N – номер минимума и λ – длина волны излучения, то с центром щели совпадет минимум порядка N. При развороте зеркала на угол α минимум сместится в плоскости щели x на

$$\varepsilon = l\,(\tan(\varphi + 2\alpha) - \tan\varphi) \approx l\,2\alpha. \quad (1)$$

Распределение амплитуды в плоскости щели описывается выражением

$$U(x) = \sin((kax)/(4l))/((kax)/(4l)), \quad (2)$$

тогда в окрестности минимума, где $U(x) = 0$ можно, разложив выражение (2) в ряд Тейлора, получить в первом приближении зависимость

$$U(x) \approx ax/N2l. \quad (3)$$

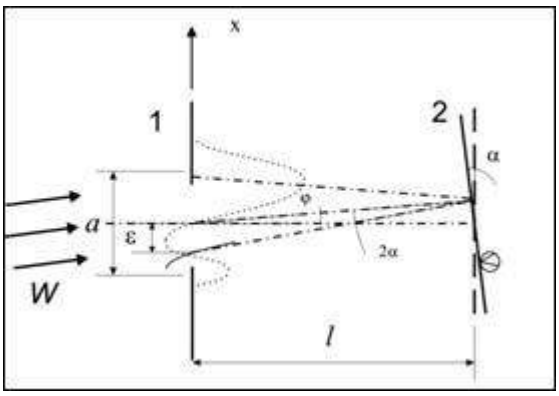


Рис. 2. Формирование входного сигнала на дифракционном измерителе

Тогда распределение интенсивности на приемнике, установленном за щелью в области дифракции Френеля, может быть определено из выражений

$$I(x_1) = U(x_1)\overline{U(x_1)}, \quad (4)$$

$$U(x_1) = \left(\frac{e^{ikz}}{ikz}\right)\int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} U(x)\cdot e^{\frac{ik(x_1-x)^2}{2z}}dx, \quad (5)$$

где $\overline{U(x_1)}$ – комплексно-сопряженная функция; z – расстояние до приемника. При смещении точки минимума относительно щели выражение (5) принимает вид

$$U(x_1) = \left(\frac{e^{ikz}}{ikz}\right)\int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} U(x+\varepsilon)\cdot e^{\frac{ik(x_1-x)^2}{2z}}dx, \quad (6)$$

и в дифракционной картине происходит перераспределение интенсивности сигнала в ее главных максимумах (рис. 3). По разности интенсивности можно определить смещение ε, так как $\Delta I = \frac{I_2 - I_1}{I_0} = f(\varepsilon)$.

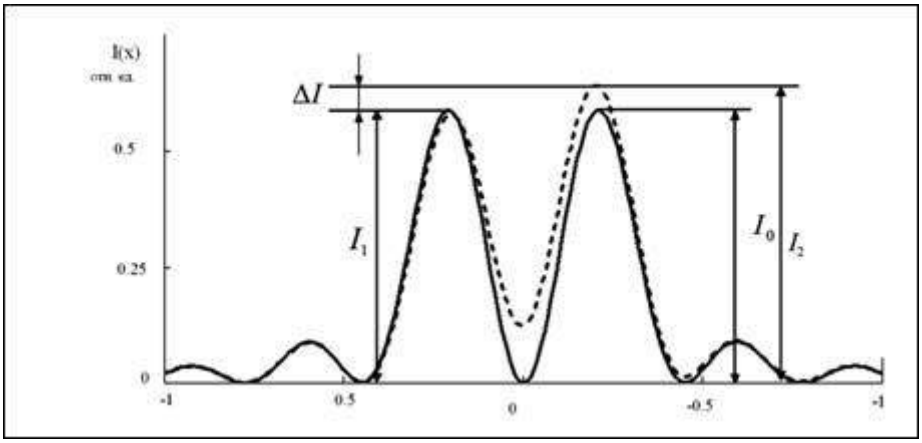


Рис. 3. Распределение интенсивности выходного сигнала на приемнике

Был разработан алгоритм выбора конструктивных параметров измерителя, исходя из предварительно заданных ширины щели $a = 0{,}1$ мм, требуемой чувствительности к повороту зеркала $\delta\alpha = 0{,}1$ угл. сек и разрешающей способности приемника. Исходя из этих параметров, мы можем определить минимальное расстояния от щели до зеркала l_{min}= 15,8 мм, расстояние от щели до приемника z = 15,8 мм, чувствительность схемы Ψ = 32 и оптимальное расстояние l = 31 мм. Оценивая нелинейность относительной разности интенсивности, определяем допустимое смещение точки инверсии ε = 31 нм и диапазон измерения α = ±1,3 угл. сек.

Также была определена предельная погрешность измерения по формуле:

$$\frac{\delta\alpha}{\alpha} = \frac{\delta\Delta I}{\Delta I} + \frac{\delta\Psi}{\Psi} + \frac{\delta l}{l}, \qquad (7)$$

принимая $\delta\Delta I = 0.01$, $\delta\Psi = 0.1$, $\delta l = 0.1$ мм, получаем $\delta\alpha = 1{,}3$ угл. сек., причем основной вклад вносит погрешность измерения разности интенсивностей в максимумах приемником.

Для экспериментальной проверки принципа работы дифракционного измерителя (ДИ) была собрана установка, изображенная на рис. 4. Для различных смещений точки инверсии фазы ε были получены дифракционные картины с помощью математического моделирования и на установке. На рис. 5, а, представлена дифракционная картина, полученная на экспериментальной установке для ε = 0, на рис. 5, б, дифракционная картина, численно смоделированная в MathCad для ε = 0. Наблюдается хорошее соответствие теории и практики.

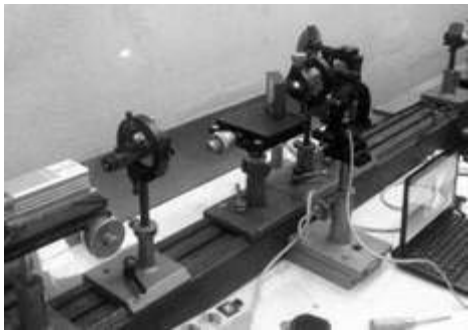
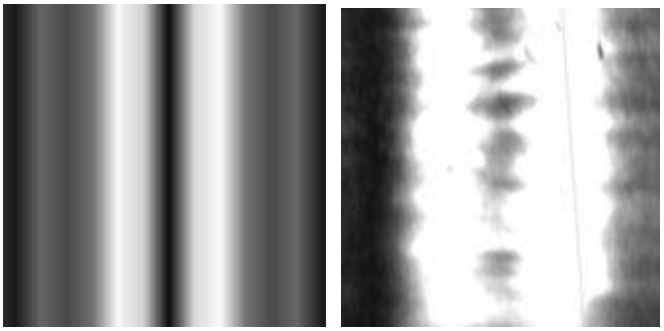


Рис. 4. Экспериментальная установка ДИ



а б

Рис. 5. Дифракционная картина, численно смоделированная ε=0 (а); дифракционная картина, полученная на экспериментальной установке ε=0 (б)

Заключение. В ходе проделанной работы был проведен анализ существующих когерентных методов измерения угловых величин, выявлены их достоинства и недостатки. Предложен новый дифракционный метод измерения угловых величин, разработана схема дифракционного измерителя; создана математическая модель, описывающая преобразование световых полей в разработанной дифракционной схеме; проведен расчет конструктивных параметров дифракционного измерителя угловых перемещений; проведены экспериментальные исследования, которые показали хорошее соответствие результатам математического моделирования; рассмотрено дальнейшее развитие компонентов и конструкции дифракционного измерителя.

Литература

1. Высокоточные угловые измерители / Под редакцией Ю.Г. Якушенкова. – М: Машиностроение, 1987. – 480 с.
2. Коронкевич В.П., Ханов В.А. Современные лазерные интерферометры. – Новосибирск: Наука, 1985. – 184 с.
3. Комоцкий В.А., Корольков В.И., Соколов Ю.М. Оптоэлектронные дифракционные датчики малых угловых перемещений // Фотоника. – 2011. – Т. 25. – № 1. – С. 16–19.
4. Назаров В.Н., Линьков А.Е. Дифракционные методы контроля геометрических параметров и пространственного положения объектов // Оптический журнал. – 2002. – Т. 69. – № 2. – С. 76–81.

Оболенсков Антон Геннадьевич
Год рождения: 1989
Факультет оптико-информационных систем и технологий, кафедра компьютеризации и проектирования оптических приборов, группа 6321
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
e-mail: obolenskov@kipop.ru

УДК 681-2

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ И КОМПЕНСАЦИИ НЕЛИНЕЙНОСТИ ПОЗИЦИОННО-ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ДАТЧИКА «МУЛЬТИСКАН»

А.Г. Оболенсков
Научный руководитель – д.ф.-м.н. Б.Г. Подласкин
(Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН)

Работа выполнена в рамках сотрудничества кафедры КиПОП НИУ ИТМО с ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН о совместной деятельности по подготовке магистров по специальности 200400 «Оптотехника».

Оптические методы регистрации положения, формы и перемещения различных объектов являются широко распространенными методами регистрации информации при дистанционных измерениях, актуальность которых сохраняется на протяжении многих десятилетий.

Местоположение объектов, их перемещение, контроль параметров деталей на конвейере, определение соосности осей подвижных механизмов, системы поддержания равновесия и другие проблемы, представляют собой задачи, в решении которых нуждается измерительная техника. Создание автоматизированных роботов, сканирующих микроскопов и других систем позиционирования с каждым годом ужесточают требования к средствам контроля, их точности и быстродействия.

При работе с сигналом в режиме прямого детектирования [1] при отсутствии его накопления на пиксельных элементах фотоприемника оказывается возможным использовать модуляцию светового сигнала, что позволяет проводить измерения на фоне, превосходящем полезный сигнал на три и более порядков.

Использование датчиков с непрерывным полем регистрации сигнала [2] открывает широкие возможности по формированию в реальном времени различных оценок оптического распределения, максимально информативных по отношению к различным признакам оптического сигнала. Кроме того, использование непрерывного поля регистрации позволяет достигать рекордных значений по разрешающей способности в пределах заданного поля наблюдения (до 10^{-5}–10^{-6}), что существенно превышает возможную разрешающую способность дискретных структур.

Целью работы являлось исследование возможности повышения стабильности и линейности координатной характеристики известного позиционно-чувствительного датчика мультискан, обладающего указанной выше высокой разрешающей способностью и широким спектром различных функциональных возможностей.

Высокое быстродействие (10^{-5} сек) и рекордная разрешающая способность вместе с широкими функциональными возможностями делают мультискан одним из самых перспективных позиционно-чувствительных датчиков. Однако существенным

недостатком этого прибора при работе с немодулированными оптическими сигналами является временная нестабильность формируемого напряжения (координатного отсчета), вызываемая медленными изменениями распределения темнового тока прибора за счет генерационно-рекомбинационных процессов в кремнии. По этой причине задачей данной работы было количественное исследование временной нестабильности координатных отсчетов мультискана и возможных методов ее уменьшения.

Направление этих исследований основано на следующих предпосылках. Поскольку формирование напряжения координатного отсчета мультискана производится по принципу баланса токов, то при положении нуля координатной характеристики на медиане светового сигнала суммарное значение тока через мультискан равно нулю. Именно поэтому любое изменение темнового тока приводит к значительному сдвигу потенциала. Будем исходить из предположения, что формируя координатный отсчет из двух (положительного и отрицательного) значений фототока сигнала, отстоящих от значений его медианы на величину порядка ширины вольт-амперной характеристики прибора, будет сформировано напряжение, более устойчивое к изменениям темнового тока.

Такой метод формирования отсчета возможен при введении в схему модуляции напряжения, приложенного к резистивной шине мультискана.

Одной из важных особенностей мультискана, как позиционно-чувствительного датчика, является отсутствие внешних электронных устройств для снятия информации о пространственном положении светового пятна. Напряжение, пропорциональное положению медианы светового сигнала, может регистрироваться непосредственно вольтметром, обладающим необходимой точностью и большим входным сопротивлением, достаточным для обеспечения отсутствия утечки тока с выходной емкости мультискана. Такими параметрами обладает, например, цифровой вольтметр В7-34. Однако в большинстве случаев необходимо согласование выходного сопротивления мультискана с входными сопротивлениями аналого-цифрового преобразователя или другими устройствами. В связи с этим наиболее распространенной схемой включения мультискана является схема, использующая на его выходе эмитерный повторитель (обычно операционный усилитель с 100% обратной связью).

Исследования временной нестабильности координатных отсчетов в потенциальном режиме включения мультискана составили 3,5 мВ в центре и 48 мВ на краю. Полученные серии экспериментальных данных подтвердили предполагаемый характер распределения темновых токов в пространстве фотодатчика. При освещении световым пятном центра мультискана суммарный темновой ток датчика близок к нулю, однако при движении к краю датчика, суммарный темновой ток вызывает смещение эквипотенциала, приводя к временной нестабильности.

Исследования режима с модуляцией опорного напряжения питания показали отсутствие влияния частоты модуляции напряжения на временную стабильность датчика, однако токовый режим включения мультискана обладает несравненным преимуществом перед потенциальным, благодаря возможности реализации режима модуляции-демодуляции.

Для устранения временной нестабильности мультискана был предложен режим с модуляцией светового источника. Принцип работы датчика в данном режиме включения представлен на структурной схеме.

Рисунок. Структурная схема режима включения Мультискана с модуляцией света

Работа датчика в режиме с модуляцией света происходит следующим образом (рисунок). Ток с мультискана преобразуется в напряжение. Переменная составляющая проходит через разделительную емкость, усиливается, выпрямляется синхронным детектором за счет связи с генератором импульсов источника света. Выпрямленная составляющая подается на интегратор и источник питания, за счет которого формируется координатное напряжение.

Исследования временной стабильности мультискана в режиме с модуляцией светового источника проводились в течение 10 часов во всем диапазоне пространственных координат, отклонения координатных отсчетов мультискана за указанный промежуток времени не превосходили 1 мкм.

Особенностью данного режима включения мультискана с модуляцией света является отсутствие влияния медленно меняющихся темновых токов на координатный отсчет, за счет связи генератора импульсов светового источника с синхронным детектором.

Полученная схема прошла испытания на помехоустойчивость, в ходе которых фоточувствительная площадка мультискана сканировалась световым пятном, мощность которого превышала на три порядка мощность полезного сигнала. Ошибка координатоуказания в области совпадения полезного сигнала и фона не превосходила 5–6 мкм во всем диапазоне пространственных координат.

Для линеаризации координатной характеристики мультискана был предложен метод кусочно-линейной аппроксимации. Обработка координатных характеристик мультисканов производилась в программе, составленной на языке Паскаль. Использование алгоритмической коррекции координатной характеристики датчика позволило повысить линейность датчика на порядок, приближая тем самым точность датчика (3 мкм без коррекции) к его разрешающей способности в 0,3 мкм.

Проведение исследований токового режима включения мультискана с модуляцией светового источника позволит оптимизировать параметры схемы для обеспечения необходимой точности результатов.

Литература

1. Подласкин Б.Г., Токранова Н.А., Чеботарев К.Е., Чекулаев Е.А. Фильтрация медианы оптического сигнала на фоне мощных посторонних засветок с помощью фотоприемника мультискан // ЖТФ. – 1995. – Т. 65. – Вып. 8.– С. 104–110.

2. Подласкин Б.Г., Чекулаев Е.А. К вопросу об информативности интегрально-адаптивного режима самосканирования фотоприемника мультискан // ЖТФ. – 1993. – Т. 64. – Вып. 11. – С. 95–102.

Пешкин Кирилл Александрович
Год рождения: 1989
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра информационных систем, группа 6512
Направление подготовки:
230100 Информатика и вычислительная техника
e-mail: Nik5036350@gmail.com

УДК 004

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ «CUDA»

К.А. Пешкин
Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. Н.Ф. Гусарова

В рамках работы были рассмотрены искусственные нейронные сети и принципы их организации в распределенных компьютерных системах. Причиной выбора данного направления исследования явилась необходимость организации больших и сверхбольших нейронных сетей. В ходе анализа задачи был выявлен ряд задач требующих решения. А именно:

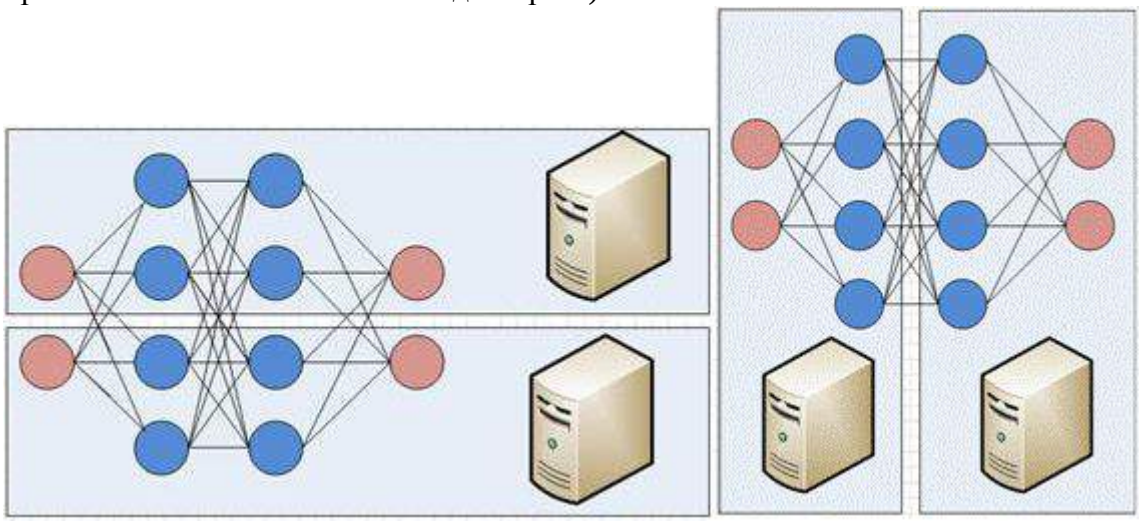
1. выделение больших объемов оперативной памяти;
2. скорость вычислений;
3. необходимость в использовании множества устройств CUDA (Compute Unified Device Architecture) в одном компьютере.

Для решения задачи выделения больших объемов ресурсов было принято решение о создании распределенной системы с возможностью деления нейронной сети между необходимым для решения поставленной задачи количеством компьютеров.

Основным принципом организации распределенных нейронных сетей является деление слоев сети между компьютерами – вертикальное разбиение (рисунок, а). В результате этого каждый компьютер содержит один слой нейронной сети. Слоем является группа нейронов, оперирующих одним и тем же набором входных данными и не обменивающихся данными внутри слоя. Плюсом такого подхода является простота программной реализации, но также данный подход имеет существенный недостаток – простой вычислительных мощностей. Причиной этого является послойное вычисление нейронной сети, т.е. после вычисления слоя, расположенного на первом компьютере, данные передаются на второй компьютер, а первый ожидает завершение его вычислений. Реализуемый в рамках данной работы подход предполагает деление каждого слоя нейронной сети между всеми компьютерами кластера – горизонтальное разбиение (рисунок, б). Кластер – объединение нескольких однородных элементов, в данном случае компьютеров, которое может рассматриваться как самостоятельная единица. При горизонтальном разбиении отдельный компьютер обрабатывает вычисления разных слоев. Основная часть вычислений происходит на этапе обучения нейронной сети.

Для решения задачи увеличения скорости вычислений была использована технология CUDA, позволяющая получить значительное [1], в отдельных случаях 300-

кратное ускорение математических вычислений [2]. CUDA – программно-аппаратная архитектура, позволяющая производить вычисления с использованием графических процессоров NVIDIA, поддерживающих технологию GPGPU (технологию произвольных вычислений на видеокартах).



а б

Рисунок. Основной принцип организации распределенных нейронных сетей является деление слоев сети между компьютерами: вертикальное (а) и горизонтальное (б) разбиение

Отдельно стоит отметить возможность использования нескольких видеокарт внутри одного компьютера, что позволяет совместно с использованием технологии сокетов, на основе которых построено сетевое взаимодействие, развернуть нейронную сеть внутри одного компьютера и распределить ее между несколькими видеокартами или делить слои нейронной сети между несколькими видеокартами на компьютере в составе кластера.

Литература

1. Nachiket Kapre and Nachiket Kapre. Performance Comparison of Single-Precision SPICE Model-Evaluation on FPGA, GPU, Cell, and multi-core Processors // International Conference on Field Programmable Logic and Applications (FPL), August 31–September 2, 2009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: (http://ic.ese.upenn.edu/pdf/spice_fpl2009.pdf), своб.
2. Qianqian Fang and David A. Boas, Monte Carlo simulation of photon migration in 3D turbid media accelerated by graphics processing units [Электронный ресурс]. – Режим доступа: (http://www.opticsinfobase.org/oe/viewmedia.cfm?uri=oe-17-2220178&seq=0), своб.

Подольский Алексей Игоревич
Год рождения: 1989
Естественнонаучный факультет, кафедра высшей математики, группа 6742
Направление подготовки:
010400 Прикладная математика и информатика
e-mail: aleksey.podolskiy@gmail.com

УДК 519.688

ЗАДАЧА РАССЕЯНИЯ НА ГРАФЕ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

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

Задача рассеяния для уравнения Шредингера возникает во многих физических ситуациях, например, при исследовании суперпроводящих сетей и создании наноэлектронных систем, а также описании эффектов, связанных со слабой локализацией.

Решение данной задачи в отсутствии электрического поля было рассмотрено в ряде работ, в частности, [8, 11].

В то же время задача рассеяния для подобных графов в присутствии электрического поля на данный момент не была изучена. Решение данной задачи и являлось **целью данной работы**. Для этого в работе строится решение одночастичного уравнения Шредингера в электрическом поле, решается задача рассеяния на квантовом графе с условиями Кирхгофа в вершинах графа и однородным электрическим полем на ребрах, строится матрица рассеяния и зависимость коэффициентов прохождения и отражения от волнового числа k.

В ходе данной работы разработан и реализован алгоритм построения характеристик рассеяния для графов, базирующийся на свойствах их самоподобия. Данный алгоритм является рекурсивным и состоит из двух частей.

1. Построение и решение задачи рассеяния для графа, подобного первой итерации салфетки Серпинского. Итогом решения данной задачи является набор из коэффициентов прохождения (левого и правого), а также коэффициента отражения.
2. Рекурсивный расчет коэффициентов прохождения и отражения для более высоких порядков салфеток на основе коэффициентов для предыдущих порядков.

Для решения задачи, обозначенной во втором пункте, были выведены рекуррентные формулы, связывающие коэффициенты прохождения и отражения для двух последовательных порядков графа. Данные формулы имеют следующий вид:

$$R_{11} = \frac{(e^{ikl} R'_{11} T'^{\,2}_{12} T'_{13} - e^{ikl} R'_{11} T'_{12} T'^{\,2}_{13} + 2e^{-ikl} R'_{11} T'_{12} T'_{13})}{(T'_{12} T'_{13} (e^{-ikl} - e^{ikl} R'^{\,3}_{11}))}$$

$$T_{12} = (T'^{\,2}_{12} + T'_{13}) / (T'_{12} T'_{13} (e^{-ikl} - e^{ikl} R'^{\,3}_{11}))$$

$$T_{13} = (T'^{\,2}_{13} + T'_{12}) / (T'_{12} T'_{13} (e^{-ikl} - e^{ikl} R'^{\,3}_{11}))$$

Полученные выражения содержат в левой части коэффициенты прохождения и отражения для графа порядка n+1. Правая же часть содержит выражения, включающие в себя коэффициенты прохождения и отражения для графа порядка n.

Кроме того, в рамках данной работы был разработан и реализован метод построения вольт-амперных характеристик (ВАХ) для выбранного типа графа. В итоге были получены и проанализированы ВАХ для выбранного типа графа (рис. 1).

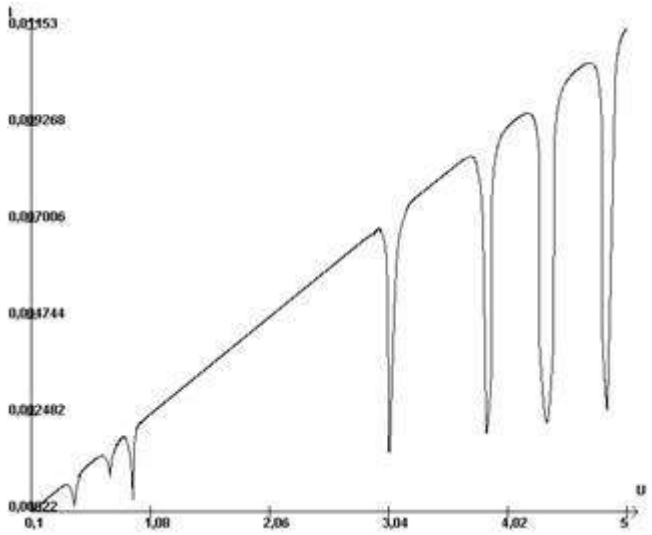


Рис. 1. График ВАХ для графа 3 порядка

В результате был обнаружены следующие эффекты:

1. изменение угла наклона графика ВАХ в зависимости от порядка салфетки (рис. 2);
2. изменение угла наклона графика ВАХ в зависимости от направления электрического поля. Заметим, что при направленности поля, обозначенной углом ($\pi/2$), получаем интересный эффект: при увеличении напряжения ток остается постоянным (рис. 3).

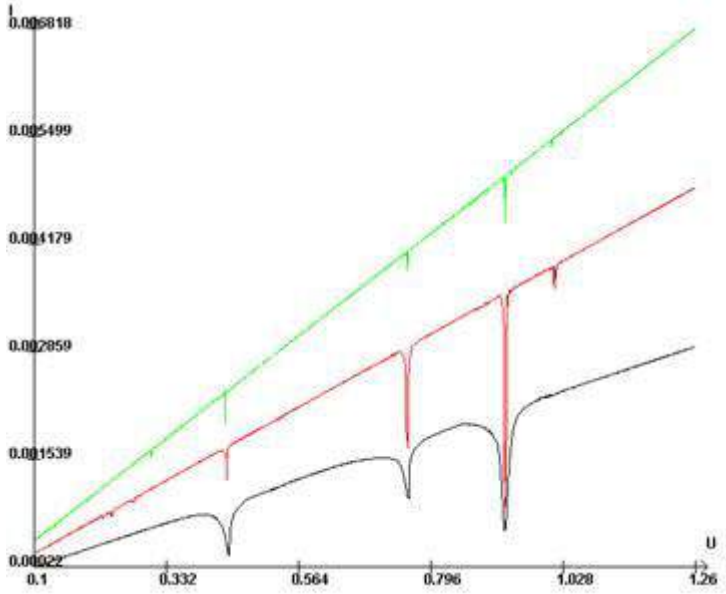


Рис. 2. Уменьшение угла между вертикальной осью и графиком ВАХ при увеличении порядка графа, порядок равен: 3 (черный), 5 (красный),7 (зеленый)

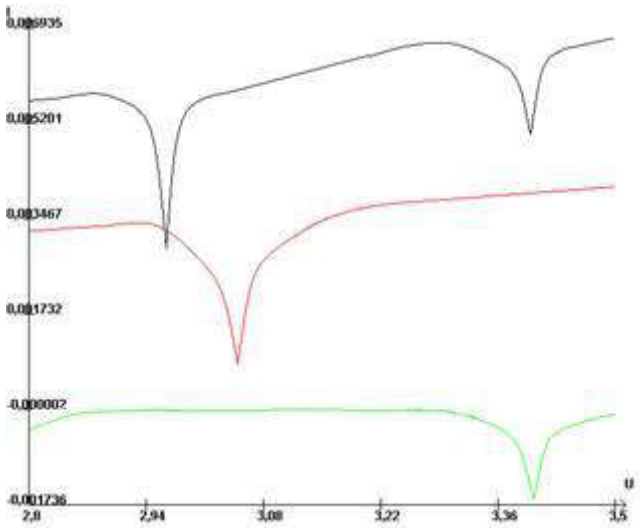


Рис. 3. Сдвиг резонансов и уменьшение угла наклона графика ВАХ при изменении направленности поля: $\pi/6$ (черный), $\pi/3$ (красный) и $\pi/2$ (зеленый)

Литература

1. Kigami J. Harmonic calculus on p.c.f. self-similar sets // Trans. Amer. Math. Soc. – 1993. – V. 335. – Is. 2. – P. 721–755.
2. Kusuoka S. A diffusion process on a fractal, Probabilistic Methods on Mathematical Physics // Proc. of Taniguchi International Symp, Tokyo. – 1987. – P. 251–274.
3. Kigami J. A harmonic calculus on the Sierpinski spaces // Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics. – 1989. – V. 6. – № 2. – P. 259–290.
4. Teplyaev A. Spectral Analysis on Infinite Sierpinski Gaskets // J. Funct. Anal. – 1998. – V. 159. – P. 537–567.
5. Tanner G. The autocorrelation function for spectral determinants of quantum graphs // J. Phys. A. – 2002. – V. 35. – P. 5985–5995.
6. Ben-Bassat O., Strichartz R.S., Teplyaev A. What is not in the domain of the laplacian on Sierpinski gasket type fractals // J. Funct. Anal. – 1999. – V. 166. – P. 197–217.
7. Higuchi Y., Shirai T. The spectrum of magnetic Schrodinger operators on a graph with periodic structure // J. Funct. Anal. – 1999. – V. 169. – № 2. – P. 456–480.
8. Бондаренко А.Н., Дедок В.А. Спектральная хирургия квантовых графов // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2004. – Т. 7. – № 4. – С. 16–28.
9. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика (нерелятивистская теория). – 4-е изд. – М.: Наука, 1989. – 768 с.
10. Blinova I.V., Popov I.Yu., Sandler M.M. Quantum graph of Sierpinski gasket type: computational experement // Russian Journal of Mathematical Physics. – 2007. – V. 14. – № 4. – P 338–396.
11. Величко А.А., Пергамент А.Л., Стефанович Г.Б. Разработка технологий изготовления электронных приборов на основе оксидов переходных металлов // Фундаментальные исследования. – 2005. – № 8. – С. 44.
12. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Угрюмова Н.В., Вениг С.Б., Орлов В.Е. Возникновения режима отрицательного дифференциального сопротивления и переключения в туннельном диоде под действием внешнего СВЧ-сигнала // Физика и техника полупроводников. – 2000. – Т. 34. – Вып. 5. – С. 567–571.
13. Борисенко В.Е., Воробьева А.И., Уткина Е.А. Наноэлектроника: Учебное пособие. Ч. 3. Перенос носителей заряда в низкоразмерных структурах. – Минск: БГУИР, 2004. – 88 с.

Попов Алексей Алексеевич
Год рождения: 1989
Факультет фотоники и оптоинформатики, кафедра оптической физики и современного естествознания, группа 6353
Направление подготовки:
200700 Фотоника и оптоинформатика
e-mail: grumbleralex@gmail.com

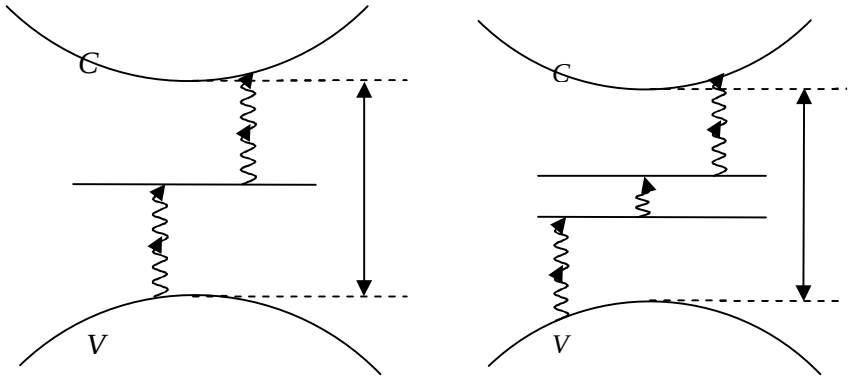
УДК 53.05

НЕЛИНЕЙНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ В КРИСТАЛЛАХ С ГЛУБОКИМИ ПРИМЕСЯМИ

А.А. Попов
Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Е.Ю. Перлин

Введение. Анализ повреждений, возникающих при действии лазерного излучения на прозрачные материалы, свидетельствует о том, что механизмы развития оптического пробоя (ОП) различны, и они могут действовать одновременно. При ОП некоторых диэлектриков обнаруживается статистический разброс значений порога пробоя. Это явление объясняют влиянием на пробой неоднородности реальных материалов – наличием в них различного рода дефектов. Разрушения, возникающие в прозрачных твердых телах под действием лазерного излучения, целесообразно разделить на разрушения, возникающие в идеально чистых средах, и разрушения, обусловленные различного рода дефектами структуры и примесями, поскольку в этих случаях различны механизмы, приводящие к разрушению. В чистой среде – это оптический пробой, качественно аналогичный пробою в газе, в средах с дефектами и примесями – разрушения, связанные с локальным нагревом при поглощении излучения на неоднородностях. Предпробойное возбуждение материала, являясь нелинейным эффектом, зависит от мощности излучения, а нагрев неоднородности – в основном, от энергии излучения. Следует отметить, что на практике оба случая реализуются одновременно, так как идеально чистых прозрачных материалов в природе не существует. Основным же физическим процессом, инициирующим ОП, по всей видимости, является генерация критического количества электрон-дырочных пар (ЭДП) в объеме твердого тела под действием мощного света.

Многофотонно-каскадная генерация ЭДП. В работе рассмотрена следующая модель кристалла: широкозонный диэлектрик или полупроводник с достаточно высокой концентрацией одноуровневых (рис. 1, а) или двухуровневых примесных центров (рис. 1, б). Предложен и рассмотрен процесс многофотонно-каскадной генерации, при котором ЭДП генерируются в результате двухфотонных переходов между зонными состояниями электрона и примесными состояниями электрона.



а б

Рис. 1. Модели кристалла с одноуровневым (а) и двухуровневым (б) примесным центром в запрещенной зоне

Для описания электрона в примесном состоянии использовалась модель потенциала нулевого радиуса, предложенная G. Lukovsky [1] и развитая В.Л. Бонч-Бруевичем [2].

В задачи исследований вошли:

1. вычисление матричных элементов оператора взаимодействия электронов с полем электромагнитной волны в модели потенциала нулевого радиуса для описания состояние глубоких примесных центров;
2. выбор основных каналов процессов второго порядка и вычисление составных матричных элементов процессов;
3. получение аналитических выражений и численных оценок для вероятностей двухфотонных переходов «примесь-зона» и «зона-примесь»;
4. расчет кинетики фотопереходов в двухзонной модели кристалла с одноуровневыми и двухуровневыми глубокими примесными центрами;
5. оценка роли исследованных процессов в предпробойном возбуждении электронной системы кристалла.

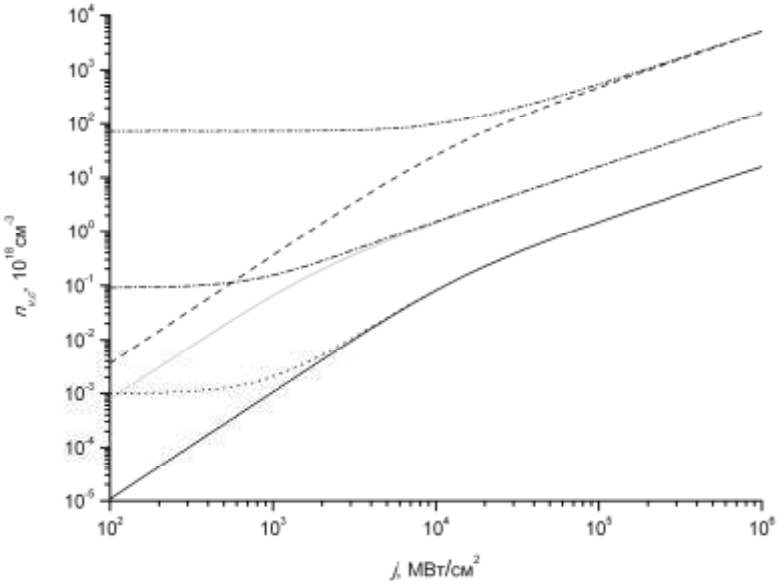


Рис. 2. Зависимости концентраций носителей в зоне проводимости n_c и валентной зоне n_v от интенсивности накачки j при различных концентрациях одноуровневых примесных центров n_i: сплошная линия – n_c при $n_i = 10^{15}$ см$^{-3}$; пунктирная линия – n_v при $n_i = 10^{15}$ см$^{-3}$; бледная сплошная линия – n_c при $n_i = 10^{17}$ см$^{-3}$; штрих-пунктирная линия – n_v при $n_i = 10^{17}$ см$^{-3}$; штриховая линия – n_c при $n_i = 10^{20}$ см$^{-3}$; штрих-пунктирная линия с двумя точками – n_v при $n_i = 10^{20}$ см$^{-3}$; $d = 3 \cdot 10^{-8}$ см^3/с. В начальный момент времени примесные состояния не заселены

В результате выполнения задач работы получены зависимости квазистационарных значений заселенностей различных состояний от интенсивности света при различных концентрациях заселенных или незаселенных примесных центров. Одна из таких зависимостей приведена на рис. 2.

Заключение. В модели потенциала нулевого радиуса в рамках теории возмущений были получены аналитические выражения и численные оценки вероятности двухфотонных переходов «зона-примесь» между состояниями непрерывного спектра в валентной зоне и зоне проводимости, и дискретными состояниями глубоких примесных центров в запрещенной зоне. Учтен вклад различных каналов в амплитуду вероятности переходов. При помощи уравнений баланса рассчитана кинетика фотопереходов в двухзонной модели кристалла с одноуровневыми и двухуровневыми глубокими примесями.

Показано, что рассмотренный многофотонно-каскадный механизм, начиная с концентраций глубоких примесных центров $n_i \sim 10^{16}$–10^{17} см$^{-3}$, может при типичных значениях параметров зонной структуры широкозонных диэлектриков или полупроводников приводить к генерации большего количества неравновесных ЭДП, чем «обычные» прямые четырех- или пятифотонные межзонные переходы. В отличие от эффекта многофотонной лавины рассмотренный механизм не характеризуется какой-либо пороговой интенсивностью возбуждающего лазерного излучения. При высоких концентрациях примесей $n_i=10^{18}$ см$^{-3}$ существенный вклад в генерацию ЭДП могут дать процессы передачи энергии возбуждения между различными примесными центрами. Эти процессы будут рассмотрены в следующих работах.

Литература

1. Lucovsky G. On the Ihotoionization of Deep Impurity Centers in Semiconductors // Solid State Commun. – 1965. – V. 3. – P. 299.
2. Бонч-Бруевич В.Л. К теории захвата носителей заряда глубокими носителями в гомеополярных полупроводниках // Вестник Московского университета. Серия физика и астрономия. – 1971. – Т. 12. – Вып. 5. – С. 586–593.

Попов Сергей Игоревич
Год рождения: 1988
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра компьютерных технологий, группа 6539
Направление подготовки:
010400 Прикладная математика и информатика
e-mail: sergey.popove@yandex.ru

УДК 004.421.2

АВТОМАТИЗАЦИЯ УСТРАНЕНИЯ КЛИНЧЕЙ В ТОПОЛОГИИ ПЕЧАТНОГО МОНТАЖА

С.И. Попов
Научный руководитель – д.т.н. С.Ю. Лузин
(ООО «Эремекс»**)**

Работа поддержана грантом правительства Санкт-Петербурга для студентов, аспирантов вузов и академических институтов, расположенных на территории Санкт-Петербурга 2011 года.

Введение. Используемые в современных системах автоматизированного проектирования (САПР) методы оптимизации улучшают топологию печатного монтажа, но результат их работы на многослойных и плотных платах часто очень далек от того, что хочет видеть конструктор, который в итоге вынужден доводить разводку вручную.

В основном подобные результаты связаны с последовательным характером алгоритмов формирования топологического рисунка и низкой эффективностью процедур оптимизации, основанных на перекладке одиночных проводников.

В магистерской диссертации предлагаются алгоритмы локальной оптимизации топологии, использующие не поиск наилучшего пути для отдельного проводника, а идентификацию топологических ситуаций, анализ возможности локального улучшения и реализацию этой возможности.

Клинчи. Применяемые в современных САПР методы оптимизации топологии печатного монтажа могут «застревать» в локальных минимумах. Это происходит в тех случаях, когда разводка еще далека от совершенства, но в то же время никакой шаг локальной оптимизации (перекладка одиночного проводника) не может привести к ее улучшению. Пример подобной ситуации – клинч проводников (рис. 1). Клинч не только увеличивает длину проводников, но еще и создает помеху для дальнейшей разводки. Например, при наличии клинча (рис. 1, а) между контактами нельзя провести вертикальную трассу, в то время как при корректной разводке (рис. 1, б) это возможно.

Рис. 1. Пример локального минимума при оптимизации топологии печатного монтажа: клинч (а); желаемая топология (б)

Практически все современные системы автоматической трассировки печатного монтажа при работе создают клинчи в большом количестве, и хотя визуально подобные ситуации определяются легко, устранение их в ручном режиме – весьма трудоемкая задача.

Дальнейшее изложение предполагает использование триангулированного пространства печатного монтажа [1, 2].

Для обнаружения клинчей можно использовать следующие признаки:

а. ребро триангуляции, соединяющее пару объектов (например, контактов), пересекает проводник, инцидентный одному из них;
б. ребро триангуляции соединяет пару эквипотенциальных объектов, однако ребро пересекают проводники других цепей, а соединяющий их проводник не идет вдоль ребра;
в. проводник пересекает ребро триангуляции более одного раза;
г. взаимное огибание: проводник цепи *A* огибает контакт цепи *B*, а проводник цепи *B* огибает контакт цепи *A*.

В соответствии с признаками было выделено несколько типов клинчей. На рис. 2, а, представлен обычный клинч, распознаваемый по признаку а): в нем проложить длинный проводник *w*1 по более короткому пути мешает проводник *w*2. Такой клинч существует, если проводник *w*1, начинающийся с той же вершины *b*1, что и дуга *a*1, пересекает эту дугу, и при этом он не является первым пересекающим ее проводником. На рис. 2, а, до проводника *w*1 дугу *a*1 пересекает проводник *w*2. Вершине триангуляции *b*1 не должны быть инцидентны другие проводники (иначе проводник *w*2 не переложить).

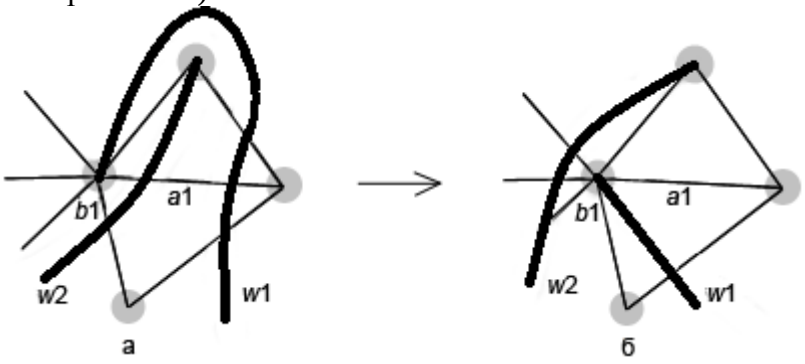


Рис. 2. Обычный клинч: топология до устранения клинча (а); топология после устранения клинча (б). *w*1 – длинный проводник; *w*2 – мешающий проводник; *a*1 – дуга, на которой обнаружен клинч; *b*1 – вершина триангуляции с которой начинается проводник w1

Далее приведено краткое описание алгоритма устранения обычного клинча:

1. проложить мешающий проводник с другой стороны от инцидентной длинному проводнику вершины триангуляции;
2. присоединить длинный проводник к вершине напрямую (рис. 2, б).

Рассмотрим окрестность вершины триангуляции, состоящую из инцидентных вершине граней. Проведем два вектора: первым соединим вершину триангуляции с точкой входа проводника в окрестность вершины, вторым – эту же вершину триангуляции с точкой выхода проводника из окрестности. Угол между этими двумя векторами назовем углом огибания проводником вершины триангуляции.

На рис. 3, а приведен пример неявного клинча, распознаваемого по признаку г): для его обнаружения измеряется угол огибания проводником *w*1 вершины триангуляции *b*1 (от дуги *aIn*1 до дуги *aOut*1). Если такое огибание есть, и огибаемой вершине инцидентен один проводник w2, который проходит мимо вершины, с которой

начинается *w*1 (пересечение дуги *aCr*2, инцидентной вершине *b*2), то имеет место неявный клинч. По дуге *aCr*1 определяется, что *w*1 проходит мимо *b*1. Между вершинами *b*1 и *b*2 может быть произвольное расстояние, для идентификации клинча главное – ситуация на концах проводников.

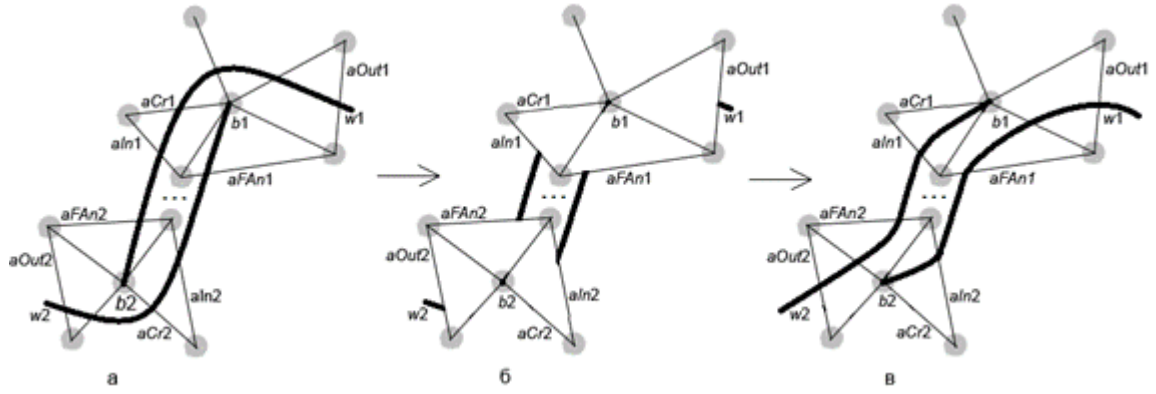


Рис. 3. Устранение неявного клинча: неявный клинч (а); удалены фрагменты проводников с инцидентных вершинам *b*1 и *b*2 дуг (б); клинч устранен (в). *w*1 – длинный проводник; *w*2 – мешающий проводник; *b*1 – вершина, огибаемая проводником *w*1; *b*2 – вершина, которой инцидентен проводник *w*1; *aCr*1, *aCr*2 – дуги, пересекаемые *w*1 и *w*2; *aIn*1, *aIn*2, *aOut*1, *aOut*2 – дуги, через которые *w*1 и *w*2 входят в окрестности соответствующих вершин и выходят из них; *aFAn*1, *aFAn*2 – первые неинцидентные объектам *b*1 и *b*2 дуги, пересекаемые проводниками *w*1 и *w*2

Далее приведено краткое описание алгоритма устранения неявного клинча (рис. 3):

1. проверить, не создастся ли большее огибание после устранения клинча, для этого используются дуги *aIn*2 и *aOut*2, через которые проводник *w*2 входит в окрестность *b*2 и выходит из нее;
2. удалить проводники в гранях триангуляции, инцидентных вершинам *b*1 и *b*2 (рис. 3, б);
3. поменять принадлежность фрагментов проводников (фрагмент проводника *w*1 становится фрагментом проводника *w*2, и, наоборот) между окрестностями вершин *b*1 и *b*2;
4. добавить кратчайшие фрагменты, доставляющие связность проводников (рис. 3, в).

В работе также были предложены алгоритмы улучшения и более сложных топологических ситуаций, таких как многоконтактные и кратные (вложенные многопроводные) клинчи.

Заключение. В работе описаны способы распознавания и устранения клинчей – топологических ситуаций, часто встречающихся при автоматической трассировке печатного монтажа. Устранение клинчей позволяет высвободить пространство для перекладки проводников, повысить качество топологии, сократить длину проводников.

Разработанные алгоритмы внедрены в отечественную систему автоматизированного проектирования TopoR (topological router) [3].

Литература

1. Лузин С.Ю., Лячек Ю.Т., Петросян Г.С., Полубасов О.Б. Модели и алгоритмы автоматизированного проектирования радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры. – СПб: БХВ-Петербург, 2010. – 224 с.

2. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и ее применение. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 2002. – 127 с.
3. Попов С.И., Попов Ю.И. САПР ТороR 5.3. Новые возможности // Электроника: наука, технология, бизнес. – М.: Техносфера, – 2012. – № 2. – С. 138–141.

Попова Марина Викторовна
Год рождения: 1989
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа 6110
Направление подготовки:
230100 Информатика и вычислительная техника
e-mail: marina24-09@mail.ru, popova89@yandex.ru

УДК 681.3

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫХ ЗАЩИЩЕННЫХ КЛАСТЕРОВ

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

Эффективность информационной защиты ресурсов центров обработки данных во многом определяется выбором решений по обеспечению высокой надежности, отказоустойчивости и производительности межсетевых экранов [1].

В качестве объекта исследования рассмотрены многоуровневые информационные системы, содержащие n кластерных групп серверов с разделением прав доступа, при объединении межсетевых экранов в отказоустойчивые кластеры, что позволяет существенно повысить надежность и производительность контура обеспечения безопасности и вычислительной системы в целом.

Для вычислительных систем с выделением n групп серверов, рассмотрены два варианта объединения резервированных межсетевых экранов в кластеры: межсетевые экраны объединяются в единый кластер для всех групп серверов; межсетевые экраны объединяются в кластер для каждой группы серверов отдельно (кривая 2) (рисунок).

При оптимизации требуется найти кратность резервирования узлов, при котором достигается минимум среднего времени пребывания запросов при ограничении стоимости реализации системы $C_0 = 300$ у.е. Для решения задачи были приняты следующие условия. Для варианта структуры (кривая 1) (рисунок) интенсивность потока запросов равна $\lambda_0 = 3{,}7$ 1/с оптимальным числом коммутаторов доступа $n_0 = 3$ шт., число межсетевых экранов $n_1 = 17$, число серверов в четырех группах равно соответственно 4, 4, 4, 29 шт., а $M_i = 1$. При тех же условиях оптимальная конфигурация варианта (2), предполагает, число сетевых экранов в кластерных группах соответственно равны 2, 2, 2, 5 шт., притом же количестве остального оборудования. Оптимальная структура по варианту (1) обеспечивает среднее время пребывания запросов в системе $T_a = 5{,}382$ с, а по варианту (2) – $T_b = 5{,}743$ с, представленное на рисунке.

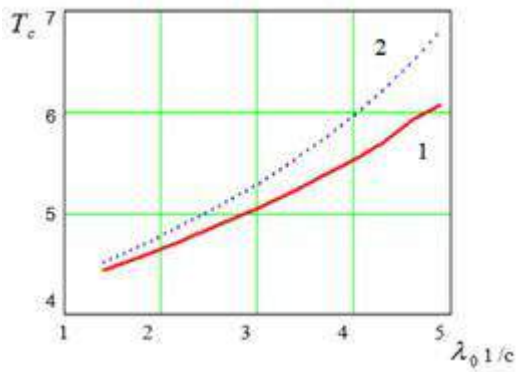


Рисунок. Среднее время пребывания в оптимальных вариантах структур: кривая 1 и кривая 2

В работе проведено исследование отказоустойчивых защищенных кластеров и решение задачи оптимального объединения межсетевых экранов в кластеры. Для поставленной цели были решены следующие задачи: выполнена оценка надежности, производительности и стоимости отказоустойчивых конфигураций межсетевых экранов и проведена оптимизация отказоустойчивой конфигурации при ограниченной стоимости системы [2]. Для решения задач в работе использован математический аппарат теории надежности, теории принятия решений, теория вычислительных систем.

В рамках проведенных исследований получена модель, которая позволяет, в результате оптимизации, определить отказоустойчивую конфигурацию, при которой достигается наибольшая надежность и производительность системы при ограничении стоимости ее реализации. Показана эффективность объединения межсетевых экранов в отказоустойчивый кластер.

Основные результаты были изложены на научной и учебно-методической конференции НИУ ИТМО (2011 и 2012 г.). По теме работы опубликованы две научные работы.

Литература

1. Богатырев В.А., Фокин С.Б., Попова М.В. Оценка и выбор отказоустойчивых конфигураций межсетевых экранов // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 3 (73). – С. 139–140.
2. Богатырев В.А., Попова М.В, Богатырев С.В., Кудрявцева В.Ю., Фокин С.Б. Оптимизация вычислительных систем с объединением межсетевых экранов в отказоустойчивые кластеры // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 6 (76). – С. 140–142.

Пригода Александра Николаевна
Год рождения: 1988
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа 6303
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
Оптические приборы
e-mail: prigodasasha@mail.ru

УДК 535.317

РАСЧЕТ ШИРОКОУГОЛЬНЫХ, ОРТОСКОПИЧЕСКИХ И АНАСТИГМАТИЧЕСКИХ ОКУЛЯРОВ МИКРОСКОПА С УВЕЛИЧЕННЫМ УДАЛЕНИЕМ ВЫХОДНОГО ЗРАЧКА

А.Н. Пригода
Научный руководитель – д.т.н., профессор Л.Н. Андреев

Введение. Окуляр является одним из основных элементов оптического микроскопа наряду с объективом. При визуальном наблюдении окуляр служит для рассматривания увеличенного изображения предмета, даваемого объективом.

Актуальность работы в том, чтобы повысить технический уровень окуляров микроскопа, рассчитав окуляры с высокой коррекцией полевых аберраций, увеличенным полем и удалением выходного зрачка, сохраняя при этом относительную простоту оптической схемы.

Содержание работы. Цель работы: разработать методику расчета окуляров с асферическими поверхностями второго порядка.

Задачи работы: выполнить расчет комплекта широкоугольных ортоскопических анастигматических окуляров микроскопа с увеличенным удалением выходного зрачка с видимым увеличением – $10^{\times}$, $16^{\times}$ и $25^{\times}$; линейным полем в пространстве изображений – 20 мм, 13 мм и 10 мм.

У окуляров обычно исправлению подлежат полевые аберрации: кома, астигматизм, дисторсия и хроматизм увеличения.

При расчете новых окуляров использован модульный принцип проектирования, сущность которого заключается в том, что оптическая система окуляра синтезируется из компонентов (модулей) с известными коррекционными свойствами.

Расчет был произведен на основе теории аберраций третьего порядка, из которой имеем для астигматизма и дисторсии через суммы Зейделя:

$$z'_s - z'_m = f' \cdot tg^2\omega \cdot \overline{S}_{III};$$

$$\Delta y'_D = -\frac{1}{2} f' \cdot tg^3\omega \cdot \overline{S}_V;$$

т.е. для исправления астигматизма и дисторсии необходимо, чтобы $\overline{S}_{III}$ и $\overline{S}_V$ были равны нулю.

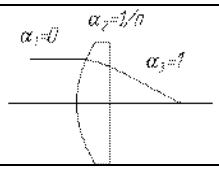
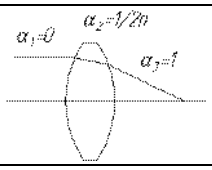
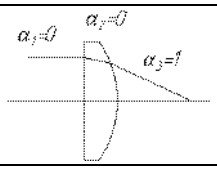
Приравняем выражения коэффициентов астигматизма и дисторсии к нулю и решим полученную систему уравнений с двумя неизвестными (при условиях нормирования $\alpha_1 = 0;\ \alpha'_0 = 1;\ \beta_1 = 1;\ h_1 = 1;\ H_1 = 1$):

$$\begin{cases} \overline{S}_{III} = \overline{H}^2 \cdot \overline{P} + 2\overline{H} \cdot \overline{W} + 1 = 0; \\ \overline{S}_V = \overline{H}^3 \cdot \overline{P} + 3\overline{H}^2 \cdot \overline{W} + 3,7\overline{H} = 0; \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \overline{W} = 2,7; \\ \overline{P} = 4,4. \end{cases}$$

Известна зависимость основных параметров $\overline{P}$ и $\overline{W}$ от показателя преломления и формы линзы для однолинзовой системы (табл. 1).

$$\overline{W} = \frac{n}{n-1}\left[1 - \frac{n+1}{n}\alpha_2\right]; \overline{P} = \left(\frac{n}{n-1}\right)^2\left[1 - \left(2 + \frac{1}{n}\right)\alpha_2 + \left(1 + \frac{2}{n}\right)\alpha_2^2\right].$$

Таблица 1. Зависимость основных параметров от показателя преломления и формы линзы

						
	$\alpha_1=0$ $\alpha_2=1/n$ $\alpha_3=1$		$\alpha_1=0$ $\alpha_2=1/2n$ $\alpha_3=1$		$\alpha_1=0$ $\alpha_2=0$ $\alpha_3=1$	
n	$\overline{W}$	$\overline{P}$	$\overline{W}$	$\overline{P}$	$\overline{W}$	$\overline{P}$
1,60	–0,03	1,62	1,31	2,84	2,67	7,11
1,65	0,07	1,50	1,30	2,66	2,54	6,44
1,70	0,16	1,36	1,29	2,52	2,43	5,90
1,75	0,24	1,26	1,28	2,39	2,33	5,44

Таким образом, из табл. 1 видно, что параметр $\overline{W} = 2,67$ для стекла с показателем преломления $n \approx 1,60–1,75$ (в первом приближении) для плосковыпуклой линзы, основной параметр $\overline{P} = 7,11$.

Для приведения основного параметра $\overline{P}$ к заданному выше значению воспользуемся выражением основных параметров $\overline{P}$ и $\overline{W}$ для тонкой линзы с асферической поверхностью второго порядка, из которого следует, что между основным параметром $\overline{P}$ и квадратом эксцентриситета e^2 существует линейная зависимость, и что деформация поверхности влияет только на величину $\overline{P}$, оставляя без изменения параметры $\overline{W}$ и π.

Для того, чтобы параметр $\overline{P} = 4,4$, при неизменном значении параметра $\overline{W}$, необходимо заменить у плосковыпуклой линзы сферическую поверхность на асферическую поверхность второго порядка с уравнением поверхности $y^2 = 2r_0 z - (1-e^2)z^2$, где r_0 – радиус кривизны при вершине поверхности; y, z – координаты асферической поверхности; e^2 – квадрат эксцентриситета, причем e^2 лежит в пределах 0,5–1,5.

Таким образом, в качестве первого модуля системы следует взять плосковыпуклую линзу с асферической поверхностью второго порядка из материала с показателем преломления $n \approx 1,60–1,75$.

В качестве второго модуля необходимо ввести в оптическую схему плоскопараллельную пластинку, состоящую из плосковыпуклой и плосковогнутой линз, выполненных из оптических материалов, для которых разность показателей преломления для основной длины волны $n_e(\lambda = 0,546\text{ мкм})$ близка, а коэффициенты средней дисперсии ν_e различны.

Радиус склеиваемых поверхностей определяется по следующей формуле:

$$r_{хр} = f'_{ок} \cdot (dn_2 - dn_1) \cdot \nu_Л;$$

где $f'_{ок}$ – фокусное расстояние окуляра; dn_1 и dn_2 – средние дисперсии стекол пластинки; $\nu_Л$ – коэффициент средней дисперсии плосковыпуклой линзы.

По условиям методики была составлена оптическая схема рассчитываемых окуляров, представленная на рисунке.

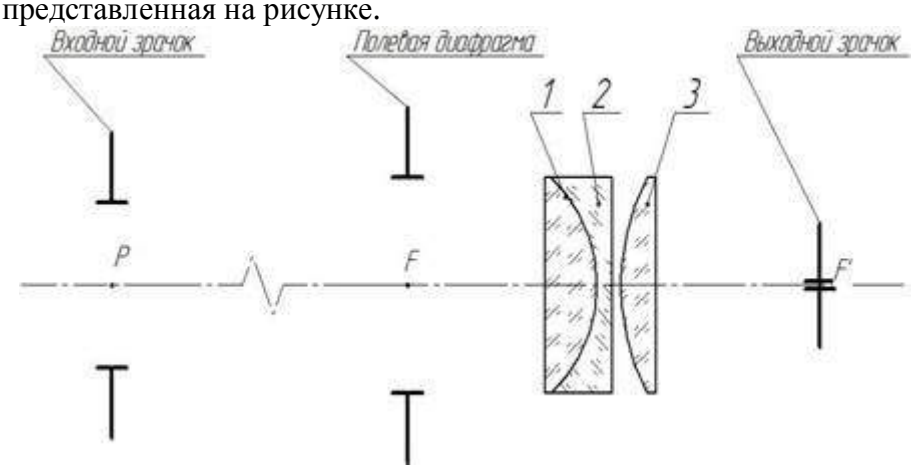


Рисунок. Оптическая схема окуляров

Окуляр микроскопа содержит расположенные по ходу излучения плоскопараллельную пластинку, состоящую из плосковыпуклой 1 и плосковогнутой 2 линз, и плосковыпуклую линзу 3, обращенную плоской поверхностью к выходному зрачку.

Для иллюстрации предложенной методики приводится расчет окуляра 10× (табл. 2, 3).

Таблица 2. Конструктивные параметры окуляра 10×

№	r, мм	d, мм	Марка стекла	n_e	ν_e
0			Воздух	1,000000	0,0
1	∞	7,0	СТК9	1,746048	50,05
2	–14,41	2,0	ТФ4	1,746231	27,95
3	∞	1,0	Воздух	1,000000	0,0
4	18,6512*	5,0	СТК9	1,746048	50,05
5	∞		Воздух	1,000000	0,0

* – асферическая поверхность, e^2 = 1,228.

Таблица 3. Технические характеристики окуляра 10×

Название характеристики	Значение
Видимое увеличение, $\overline{\Gamma}$, крат	10
Линейное поле, $2y'$, мм	20
Диаметр выходного зрачка, D', мм	1

Таблица 4. Аберрации главного луча в обратном ходе (10×)

ω, гр. мин	S_p мм	$S\square_p$ мм	$y\square$ мм	L'_m мм	L'_s мм	$L'_s - L'_m$ мм	Δ%	$y'_{F'} - y'_{C'}$ мм	$\frac{y'_{F'} - y'_{C'}}{y'_e}$%	$\sigma'_{F'} - \sigma'_{C'}$ мин
21°20′	–29,6	147	9,90	–1,28	–1,28	0,00	1,4	0,001	–0,006	0,08
15°26′	–28,0	147	6,95	–0,59	–0,59	0,00	0,7	0,011	–0,152	1,51
0	–26,4	147	0	0	0	0	0	0	–0,142	0

Как видно из табл. 4, достигнута высокая коррекция полевых аберраций, а также значительное удаление выходного зрачка.

Заключение. Данная методика расчета позволяет создать широкоугольный ортоскопический и анастигматический окуляр микроскопа.

Реализация технических преимуществ заявленного окуляра при использовании их в микроскопах позволяет повысить их технический уровень.

Литература

1. Слюсарев Г.Г. Методы расчета оптических систем. – Л.: Машиностроение, 1969. – 672 с.
2. Скворцов Г.Е., Панов В.А., Поляков Н.И., Федин Л.А. Микроскопы / Под ред. Н.И. Полякова. – Л.: Машиностроение, 1969. – 508 с.
3. Панов В.А., Андреев Л.Н. Оптика микроскопов. Расчет и проектирование. – Л.: Машиностроение, 1976. – 432 с.
4. Основные оптические полимеры: (со)полимеры (мет)акрилатов // Полимерная индустрия.
5. Андреев Л.Н. Прикладная теория аберраций: Учебное пособие. – СПб: СПБ ГИТМО (ТУ), 2002. – 96 с.
6. Слюсарев Г.Г. Расчет оптических систем. – Л.: Машиностроение, 1975. – 638 с.
7. Типы полимерных материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.medoptic.ru/info/dir_3/ochkovlinz/artikls_3.php, своб.

Рябчиков Иван Николаевич
Дата рождения: 1989
Факультет точной механики и технологий, кафедра технологии приборостроения, группа 6657
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: riabchikov@mail.ru

УДК 531.7

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА УНИФИЦИРОВАННЫХ ПРОГРАММ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ НА СОВРЕМЕННОМ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ ОБОРУДОВАНИИ

И.Н. Рябчиков
Научный руководитель – к.т.н., доцент Ю.Н. Фомина

В работе анализируются программные продукты новейшего измерительного оборудования, с целью разработки методики унифицированных программ измерения деталей. Задачей исследований явилась разработка программ-шаблонов для измерения конструкторско-технологических элементов (КТЭ) деталей типа крыльчатка.

С каждым годом появляется все больше новой измерительной техники, которая, чаще всего, имеет свое сложное программное обеспечение. В связи с этим, предприятия испытывают нехватку квалифицированных кадров, которые могли бы работать на таком оборудовании. Для решения этой задачи необходимо исследовать предлагаемое компаниями программное обеспечение и обеспечить автоматизацию процесса написания программ. Для исследований была выбрана программа PC-DMIS, так как она является одним из самых распространенных программных продуктов для создания

управляющих программ измерения. В ходе работы были разработаны шаблоны программ для измерения стандартных КТЭ деталей в программной среде PC-DMIS, а также были разработаны программы для измерения конструкторско-технологических элементов деталей сложной формы. Использование программ-шаблонов помогает частично автоматизировать процесс написания управляющих программ, в связи с чем: упрощается работа оператора координатно-измерительных машин (КИМ), упрощается процесс контроля для сложных деталей и ускоряется процесс написания программы измерения детали.

Работы по выделению КТЭ под те или иные технологические задачи ведутся давно. В данной работе использовался определенный метод выбора КТЭ, разработкой которого занимаются преподаватели и студенты кафедры технологии приборостроения Санкт-Петербургского национального университета информационных технологий, механики и оптики. Методика ориентирована на конкретную выборку деталей приборостроительной отрасли – крыльчатки. Кроме того, данная работа позволяет проверить корректность этой методики выбора КТЭ. Иначе говоря, была поставлена задача, используя современные методы и средства контроля, а также методику разделения деталей на КТЭ, выполнить автоматизацию процесса написания программы измерения детали.

В работе были проанализированы возможности программных сред новейшего контактного измерительного оборудования. В результате чего были разработаны программы для измерения стандартных КТЭ деталей в программной среде PC-DMIS, а также были разработаны программы для измерения КТЭ деталей сложной формы.

Также на основе разработанных программ была разработана методика унификации программ измерения деталей определенного типа. Эти программы были опробованы на практике. А также была составлена программа измерения для детали «Крыльчатка» с помощью программ-шаблонов.

На данном этапе унификации методики контроля изделий на КИМ:

- упрощается и ускоряется процесс написания программ измерения;
- упрощается работа оператора;
- ускоряется процесс обучения оператора;
- повышается качество контроля на КИМ;
- ускоряется сам процесс контроля для сложных деталей;
- появляется возможность контроля таких параметров, которые без КИМ измерить либо невозможно, либо очень сложно.

Данная методика помогает исключить участие человека на некоторых этапах контроля детали, но этого недостаточно для полной автоматизации всего процесса.

Данный метод – это начало унификации методики контроля изделий на КИМ. В дальнейшем может быть реализована большая автоматизация всех процессов. Например, анализ 3D-и выбора из баз данных КТЭ конкретных конструкторско-технологических элементов. Данное направление не реализовано в рамках магистерской диссертации. Это направление имеет большие перспективы, так как позволит практически полностью автоматизировать процесс измерения.

Также можно автоматизировать систему выбора методики ощупывания с помощью создания программ, которые обрабатывали бы информацию с CAD-моделей и определяли бы методику ощупывания элементов. Также эти программы могли бы сразу формировать определенную траекторию щупа в код, который единым блоком можно было бы вставлять в основную программу.

Литература

1. Яблочников Е.И., Молочник В.И., Миронов А.А. ИПИ-технологии в приборостроении. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 128 с.
2. Яблочников Е.И. Автоматизация технологической подготовки производства в приборостроении. – СПб: СПб ГИТМО (ТУ), 2002. – 92 с.
3. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 232 с.
4. Марусина М.Я., Тихановский А.Б., Ткалич В.Л., Ушаков О.Ю., Черняев А.А. Метрология, сертификация и стандартизация [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://de.ifmo.ru/bk_netra/start.php?bn=1, своб.

Савенко Валентина Александровна
Дата рождения: 1989
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга, группа 6212
Направление подготовки:
223200 Техническая физика
e-mail: savenko.valya@gmail.com

УДК 621.37; 536.27

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА МОЩНОГО РАДИОЭЛЕКТРОННОГО КОМПЛЕКСА

В.А. Савенко
Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. В.А. Кораблев

Активная фазированная антенная решетка (АФАР) – разновидность фазированной антенной решетки.

Увеличение мощностей АФАР при общей тенденции уменьшения массогабаритных характеристик требует внедрения новых конструктивно-технологических решений, направленных на стабильную работу устройств.

Абсолютное большинство систем охлаждения основаны на пяти способах теплоотдачи:

1. естественное воздушное охлаждение;
2. принудительное воздушное охлаждение;
3. естественное жидкостное охлаждение;
4. принудительное жидкостное охлаждение;
5. испарительное охлаждение.

В тепловыделяющих устройствах с высокой плотностью тепловых потоков используют жидкостное охлаждение.

В ходе работы необходимо было провести обзор существующих методов обеспечения теплового режима АФАР, составить тепловую и математическую модель приемо-передающего модуля (ППМ), спроектировать систему обеспечения теплового режима (СОТР), провести исследования макета СОТР.

Одним из важнейших элементов АФАР является ППМ. Конструкция ППМ представляет собой алюминиевую пластину. В теле пластины фрезеровкой выполнен канал, в который устанавливается медная трубка. Над трубкой на поверхности пластины смонтированы СВЧ-транзисторы и виртуальные измерительные приборы (ВИП). Основными источниками тепловыделений в модуле являются 32 СВЧ-транзистора (по 16 с каждой стороны) и 8 вторичных источника питания (по 4 с каждой

стороны). Средняя суммарная рассеиваемая в виде тепла мощность транзисторов и ВИП 336 Вт и 64 Вт на один модуль соответственно.

Тепловая модель 32-канального ППМ может быть записана в виде системы 40 уравнений (20 для жидкости, 16 для элементов, 4 для ВИП):

$$\begin{cases} (T_{\text{ж}i} - T_{\text{ж}(i-1)} = \dfrac{2\Phi_i}{W} \\ \Phi_i = \sigma_{i\text{ж}}(T_i - T_{\text{ж}i}) \end{cases}. \quad (1)$$

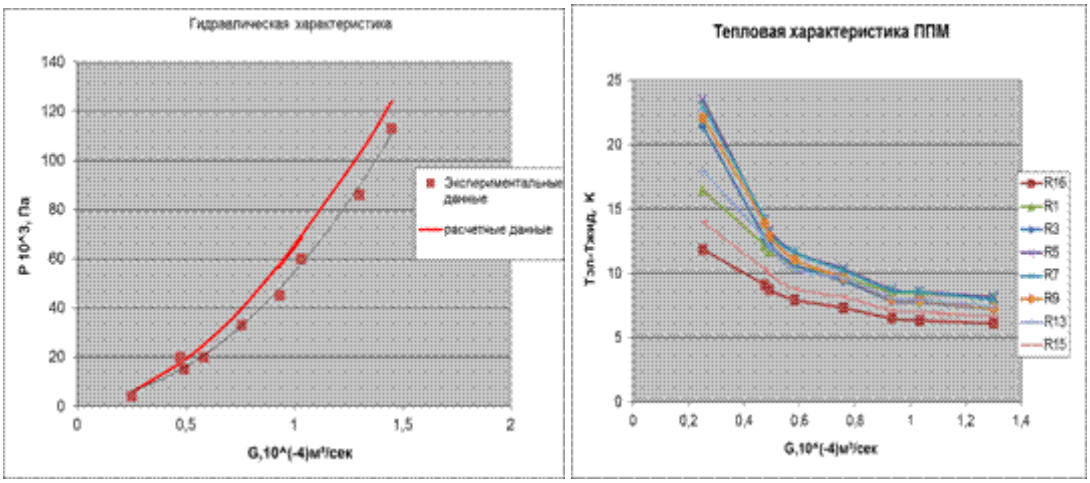
Используя тепловую и математическую модели, была предложена методика расчета температуры основания тепловыделяющих элементов и по предложенной методике были рассчитаны температуры оснований транзисторов и ВИП.

Для проверки адекватности предложенной модели были проведены экспериментальные исследования.

Цель исследований:

- определить зависимость между расходом охлаждающей жидкости и перепадом статических давлений на входе и выходе канала охлаждения;
- определить зависимость перегрева оснований кристаллов микросхем относительно температуры охлаждающей жидкости на входе в канал при различных расходах охлаждающей жидкости.

В ходе экспериментальных исследований были получены гидравлическая и тепловая характеристики ППМ (рисунок), сделаны выводы об адекватности предложенной методики расчета, а также выбраны необходимые расход и перепад давлений в модуле для обеспечения его нормального теплового режима.



а б

Рисунок. Гидравлическая (а) и тепловая (б) характеристики ППМ

В ходе исследований гидравлической характеристики 32-канального ППМ был сделан вывод о том, что гидравлическое сопротивление модуля существенно зависит от расхода теплоносителя – при увеличении расхода теплоносителя увеличиваются потери давления между входом и выходом канала. Расхождение между расчетными и экспериментальными данными не превышают допустимых пределов.

Исследование тепловой характеристики модуля показало, что менее всего нагревается транзистор 16 – первый по ходу движения теплоносителя. Интересно также отметить, что транзистор 1 нагрелся меньше, чем можно было ожидать. Это можно объяснить тем, что площадь контакта между транзистором и трубой больше, чем у других транзисторов.

Обеспечить прокачку теплоносителя возможно при помощи замкнутой циркуляционной системы, состоящей из насоса, теплообменного аппарата «жидкость-воздух» с вентиляторами и расширительного бака.

Исходя из полученных данных в работе, были предложены:

- состав СОТР для обеспечения теплового режима ППМ;
- схема соединения модулей и состав СОТР для обеспечения теплового режима секции АФАР, состоящей из 64 модулей.

В результате проделанной работы даны рекомендации по обеспечению нормального теплового режима ППМ АФАР. Материалы работы позволяют разработать систему обеспечения теплового режима мощного радиоэлектронного комплекса.

Литература

1. Активные фазированные антенные решетки / Под ред. Д.И. Воскресенского, А.И. Канащенкова. – М.: Радиотехника, 2004. – 487 с.
2. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре: Учебник для вузов по специальности «Конструирование и производство радиоаппаратуры». – М.: Высшая школа, 1984. – 247 с.
3. Егоров В.И., Казак А.В., Кораблев В.А., Попов Ю.Ю., Пугин И.В., Шарков А.В. Обеспечение теплового режима большеразмерной активной фазированной антенной решетки // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2005. – Вып. 18. – С. 38–41.

Савинков Вячеслав Дмитриевич
Год рождения: 1989
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра информационных систем, группа 6520
Направление подготовки:
080500 Бизнес-информатика
e-mail: Alligators@list.ru

УДК 004-01

ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕТА МАТЕРИАЛЬНЫХ ИТ-АКТИВОВ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМ ФИЛИАЛЕ КОМПАНИИ МОТОРОЛА СОЛЮШЕНЗ

В.Д. Савинков
Научный руководитель – А.Д. Береснев
(ООО «Ротэк»)

В качестве объекта исследования выбран отдел информационных технологий (ИТ) Санкт-Петербургского филиала крупной софтверной компании – Моторола Солюшенз. Предметом исследования является учет материальных ИТ-активов в филиале, а именно: изучение существующего подхода к учету, выявление его недостатков, поиск оптимальных способов учета (согласно международным стандартам и лучшим практикам), а затем разработка регламента учета и метрик для оценки его эффективности. Все заявленные цели были в работе достигнуты. Предполагается дальнейшее практическое внедрения созданного регламента и метрик.

В качестве цели исследования было заявлено: изучить принципы работы с физическими ИТ-активами и их учета в организации, выявить проблематику, а затем разработать документы для организации в области управления материальными ИТ-активами. В работе была применена не вполне стандартная классификация того, какие активы относить к материальным, а какие – нет. Традиционно к нематериальным активам относятся «неосязаемые», т.е. такие, как программное обеспечение (ПО), лицензии, документацию и т.д. В данной же работе к материальным ИТ-активам была отнесена и часть нематериальных. Это сделано по причине того, что в Моторола Солюшенз традиционно к материальным ИТ-активам относятся те, что были компанией приобретены (в том числе и ПО, документация и прочее), а к нематериальным – те, что являются результатом интеллектуальной деятельности ее сотрудников – ПО, документация, патенты и прочее.

Краткая информация об объекте исследования: Санкт-Петербургский филиал компании Моторола Солюшенз насчитывает более 200 сотрудников. Техническая поддержка, традиционно для Моторолы Солюшенз, выполняется сторонней организацией – CSC (Computer Sciences Corporation), физически представленной в филиале одним человеком. Процесс управления активами и конфигурациями (Service Asset and Configuration Management по ITIL), т.е. учет лицензий, ИТ-оборудования и ведение документации осуществляется силами ИТ-отдела и никак не контролируется CSC. Единственное, за чем следит CSC – это за соблюдением соглашений о поддержке (SLA), согласно которым каждое поддерживаемое оборудование ставится на учет в специальной информационной системе и за него ежемесячно взимается плата. Учет оборудования и лицензий происходит путем хранения информации о них в Excel-файлах и ручном ее обновлении. Данная работа ставила своей целью изменить существующий способ учета, привести его к виду, соответствующему международным стандартам и лучшим практикам.

Результатами работы стали: регламент учета материальных ИТ-активов для филиала, набор метрик для оценки эффективности учета, а также набор требований к автоматизированной информационной системе учета, которая позволит улучшить существующий способ учета материальных ИТ-активов в организации.

Литература

1. ISO/IEC 19770-1 2006 (E): Information technology. – Software asset management. – Part 1: Processes.
2. ITIL v2. Book 1 – Service Support.
3. ITIL v2. Book 2 - Service Delivery.
4. CobiT 4.1.: Пер. И. Вдовин // Аудит и контроль информационных систем, 2008.
5. ISO/IEC 20000:2005: Information technology. – Service management. Part 1: Specification.

Смирнов Павел Васильевич
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологии, кафедра технологии приборостроения, группа 6657
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: sipsmir@mail.ru

УДК 004.415.2.031.43

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЖИДКОСТНОГО И ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ ПЬЕЗОМАТЕРИАЛОВ

П.В. Смирнов
Научный руководитель – к.т.н., доцент С.Ф. Соболев

В данной работе проведено исследование технологии жидкостного и плазмохимического травления пьезоматериалов на примере травления пьезокварца. Было необходимо получить глубину травления 2 мкм при наименьшем значении бокового подтравливания.

Первая глава посвящена теоретическому описанию роли процессов травления при создании микромеханических устройств. Рассматривается многообразие методов травления, выделяются области применения жидкостного и плазмохимического травления, преимущества и недостатки этих методов. Особое внимание уделяется раскрытию понятия «пьезоматериалы», приводятся их свойства и разновидности. Описывается процесс получения заготовок пластин (приводятся значения толщины и диаметра) и обоснование выбранного варианта. В завершении главы подробно описывается процесс предварительной очистки пластин (с обоснованием необходимости очистки, источниками и классификацией загрязнений), рассматриваются и выбираются маскирующие материалы, приводится техника безопасности.

Во второй главе проведено исследование технологии жидкостного травления пьезокварца. Рассматривается механизм жидкостного травления, последовательность операций. Выделяются основные параметры жидкостного травления, такие как: время травления, глубина травления, концентрация травильной смеси и величина бокового подтравливания. Жидкостное травление проводилось на установке химической обработки ЧХН-100-005, оснащенной системой каскадных ванн, регулировкой температуры, регулировкой скорости промывки пластин, датчиком времени. Опыты проводились в трех растворах различных концентраций, при различных температурах. После проведенных экспериментов были построены графики на основе полученных результатов.

В третьей главе проведено исследование технологии плазмохимического травления пьезокварца. Рассматриваются преимущества «сухих» методов над жидкостными. Исследуемые параметры такие же, как и при жидкостном травлении – глубина травления, время и величина бокового подтравливания. Опыты проводились на установке ионно-химического травления УРМ3.279.050. В качестве рабочего газа использовался аргон (и для увеличения анизотропии травления к аргону добавлялся водород). После проведенных экспериментов были построены графики на основе полученных результатов.

Эксперименты показали, насколько велико преимущество плазмохимического травления над жидкостным, даже при травлении пьезокварца до глубины 2 мкм.

Лучший результат, который получился методом жидкостного травления, достиг глубины травления 2 мкм за 300 с. Однако величина бокового подтравливания составила 1,15 мкм. При плазмохимическом травлении время травления составило 120 с, а боковое подтравливание – всего 0,21 мкм. Также преимущество плазмохимического травления над жидкостным составила анизотропия, отсутствие необходимости промывки. Главным недостатком плазмохимического травления явилось: большая стоимость оборудования и необходимость квалифицированного персонала для работы на нем.

Дальнейшее развитие темы может быть связано со сравнением технологии плазмохимического травления и микрофрезерной обработки, выявлением четких границ их применений, исследованием жертвенного слоя и применением искусственного интеллекта для автоматизации процесса обработки.

Смирнов Роман Игоревич
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологии,
кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии, группа 6665
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: sri7@mail.ru

УДК 65.011.56

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ПО ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ОСВОЕНИЮ РОССИЙСКОГО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА

Р.И. Смирнов
Научный руководитель – д.т.н. Д.В. Казунин
(ЗАО «Транзас-Технологии»)

Единственным крупным неиспользованным резервом нефти и газа во всем мире в настоящий момент остаются шельфовые месторождения. Повышение квалификации персонала морских буровых предприятий крайне важно для обеспечения безаварийного освоения шельфа.

Для эффективного обучения и переподготовки кадров необходимы полномасштабные тренажеры с физическими устройствами управления, максимально приближенными к реальным системам управления. Специалистами ЗАО «Транзас Морские Технологии» создан тренажер буровой платформы для подготовки специалистов по освоению континентального шельфа, моделирующий оборудование поста управления буровой установкой, который позволяет управлять положением платформы и технологическими процессами.

Тренажер полупогружной буровой установки Transas FOS 6000s является составной частью интегрированного комплекса взаимодействия «Шельф», включающего в себя тренажеры нефтегазового направления и тренажеры взаимодействия навигационной направленности.

На сегодняшний день тренажер Transas FOS 6000s установлен в Морской государственной академии имени адмирала Ф.Ф. Ушакова (рис. 1).

Рис. 1. Внешний вид тренажера Transas FOS 6000s

Основное назначение тренажера Transas FOS 6000s – обеспечить подготовку и проверку специальных знаний морского персонала полупогружной плавучей буровой установки (ППБУ) в соответствии с частью 6 резолюции [4] в рамках профессиональной программы подготовки квалифицированного персонала, занимающего ключевые позиции на буровой установке.

Основную роль в любом тренажерном комплексе играет математическая модель, которая выполняет вычисления и обменивается данными с интерфейсом.

Главной **целью работы** являлось создание части математической модели тренажера полупогружной буровой установки FOS 6000s, которая будет задействована в операциях маневрирования и динамического позиционирования в точке. Результатом выполнения работы является программный продукт, написанный на языке высокого уровня Си++, который будет работать в составе основной математической модели, включающей как расчет термодинамических параметров технологического оборудования, электростанции, так и сетевой обмен.

В качестве прототипа установки выбрана реальная буровая установка, которая дооборудована дополнительными учебными модулями (рис. 2). Конструктивно она состоит из двух понтонов и шести колонн (по три колонны на каждом понтоне). На колонны опирается двухпалубная надстройка (главная палуба и верхняя палуба). На палубе расположено буровое оборудование, палубные механизмы, модуль энергетического оборудования и гидравлики, жилые и производственные помещения.

Рис. 2. Полупогружная буровая установка морского базирования

В понтонах и колоннах расположены балластные танки и танки запасов (топливо, пресная вода), а также водонепроницаемые осушаемые пространства. Оборудование, находящееся в понтонах, соответствует требованиям для изолированных и

невентилируемых помещений. Насосные отделения понтонов соединены трубным туннелем.

Тренажер обеспечивает наиболее полный спектр учебных возможностей для подготовки специалистов для наиболее распространенных типов полупогружных платформ.

Тренажер полупогружной установки модификации Transas FOS 6000s позволяет моделировать оборудование, необходимое для подготовки специалистов в основном в части отработки навигационных навыков и навыков по размещению балласта, запасов и поддержанию установки в мореходном состоянии с помощью доступных якорных, маневровых средств, а также возможностей балластной, топливной систем и систем пресной воды в условиях ограничений, наложенных энергетической установкой. В тренажер включены осушительная и пожарная системы для обеспечения возможности отработки комплекса задач, связанных с контролем непотопляемости буровой платформы в процессе тушения пожара и борьбе за живучесть в условиях ограничений, наложенных энергетической установкой.

Тренажер позволяет моделировать работу с системой динамического позиционирования (рис. 3), являющейся автоматизированным комплексом, включающим в себя энергетическую установку, движители и средства активного управления (подруливающие устройства), компьютеризированную систему управления.

Рис. 3. Система динамического позиционирования

Система управления обрабатывает непрерывно поступающую информацию от систем ориентации и датчиков, вырабатывает управляющие сигналы в энергоустановку и движительно-подруливающий комплекс, при помощи которых компенсируется суммарный вектор сил внешнего воздействия на судно (ветра, течений, волнения).

Так как наряду с системами динамического позиционирования для полупогружных платформ широко распространены системы стабилизации с заякорениями, и на многих проектах ППБУ удается ограничить перемещение платформы в штормовых условиях только за счет использования маневрирования цепями, то в тренажере также моделируется работа якорной системы, позволяющей осуществлять укладку якорей и работу с якорными лебедками буровой платформы.

Тренажер состоит из стандартных модулей архитектурной линейки LCHS и включает следующий набор программных задач:

1. консоль, которая является универсальной задачей, как для модуля инструктора, так и для модуля обучаемого и служит для управления документооборотом и задачами, работающими в режиме реального времени;
2. модель, которая является сервером всех данных и производит вычисление различных процессов в режиме реального времени;

3. расчетное приложение LCS, которое производит оценку прочности конструкций корпуса и остойчивости, а также реализует задачи, связанные с планированием грузовых операций;
4. 3D-визуализация, имитирующая внешнее видеонаблюдение. На визуализации тренажера отображается вся ППБУ на водном пространстве и движение судов обеспечения в зоне ее работы. Визуализация разработана на основе реальных чертежей платформы с высокой степенью детализации.

В процессе проведения обучения модули взаимодействуют в составе сетевого класса, состоящего из 12 учебных мест, на уровне задач, обеспечивая передачу данных от модели к консоли и LCS под управлением инструктора.

В качестве отдельной сетевой задачи в конфигурацию может быть включен графопостроитель, служащий для мониторинга параметров по контролю давления, расхода перекачиваемых сред и усилий в якорных канатах. Построитель графиков применяется при необходимости отобразить наиболее сложные технологические процессы в виде кривых на основе имеющихся показателей систем (рис. 4).

Рис. 4. Технологические процессы системы динамического позиционирования в виде графиков

Основной интерфейс тренажера ориентирован на выполнение учебных функций. Для обучения студентов управлению ППБУ в близких к реальным условиям в тренажер включен второй интерфейс, похожий на интерфейс систем управления компании Converteam, используемый на реальных буровых установках ООО «Газфлот», в частности, ППБУ «Полярная звезда» и «Северное сияние».

Для обеспечения обстановки привычного поста управления буровой платформой тренажер имеет консольную версию (рис. 5).

Рис. 5. Консольная версия тренажера

Математическая модель тренажера реализована на языке высокого уровня Си++, оптимизирована для расчетов в режиме реального времени и точности, достаточной для имитационного моделирования для целей обучения.

Таким образом, на основе использования описанных методов моделирования в составе единой математической модели виртуального судна, реализованного для полупогружной буровой платформы, удается смоделировать поведение самых различных морских плавучих объектов, находящихся в различных режимах эксплуатации на континентальном шельфе при разных внешних воздействиях. Созданная модель позволяет подготовить основных специалистов буровой установки к повседневной эксплуатации и эксплуатации в аварийных ситуациях.

Литература

1. Бутурлимов О., Смирнов Р., Казунин Д. Тренажер плавучей полупогружной буровой установки // Материалы международной научно-практической конференции «Водный транспорт России: инновационный путь развития». – СПб: СПбГУВК, 2011. – Т. 2. – 380 с.
2. Бутурлимов О.В., Смирнов Р.И., Хвастунов А.П. Тренажер плавучей полупогружной буровой установки // ЗАО «Транзас Морские Технологии».
3. Казунин Д.В., Бутурлимов О.В., Рыбий В.В., Ганс Е.С., Маценко С.В., Хвастунов А.П., Смирнов Р.И. Создание динамических средств обучения для подготовки специалистов, связанных с добычей углеводородного сырья на Арктическом шельфе // Морской вестник. – 2010. – № 4 (36). – С. 95–99.
4. Резолюция IMO A891(21). Рекомендации по подготовке персонала морских передвижных установок (МПУ), принята ООН 25 ноября 1999 г.

Соболевская Татьяна Николаевна
Год рождения: 1989
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга, группа 6212
Направление подготовки:
223200 Техническая физика
e-mail: sobolevskaya.tn@gmail.com

УДК 536.242

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА СВЕТОДИОДНОГО СВЕТОВОГО ПРИБОРА

Т.Н. Соболевская
Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. В.А. Кораблев

Работа выполнена в рамках государственного контракта № 16.516.11.6102 «Обеспечение теплового режима светодиодных световых приборов повышенной мощности и надежности» и может быть использована для расчетов систем охлаждения различных светодиодных приборов.

Светодиодное освещение (led-освещение) – перспективное направление технологии искусственного освещения, основанное на использовании в качестве источника света светодиодов (СИД). Эволюция светодиодного освещения тесно

связана с технологическим развитием светодиода. Созданы сверхъяркие СИД, специально предназначенные для искусственного освещения.

В настоящее время светодиодное освещение находит все большее и большее распространение в сфере искусственного освещения, поскольку имеет неоспоримое превосходство перед традиционными лампами накаливания, галогенными и люминесцентными лампами. Светодиодное освещение позволяет существенно сократить расходы на потребляемую электроэнергию, а источники света, применяемые для светодиодного освещения, имеют очень большой срок службы, излучаемый при этом световой поток, слабо нагревает окружающие предметы. Все это позволяет использовать светодиодные светильники для эффективного и повсеместного освещения жилых и нежилых помещений.

Однако основным недостатком СИД является существенная зависимость их выходных характеристик от температуры. В большинстве случаев, когда СИД участвуют в формировании ответственных сигналов, определенных стандартами, или являются исполнительной частью системы передачи изображения, температурным зависимостям всегда есть место при расчетах и проектировании систем. Важно отметить, что под влиянием температуры изменяются практически все фундаментальные характеристики СИД, указываемые в спецификациях производителем только при комнатных температурах и составляющие основу для указанного проектирования, в то время как устройства на этих СИД, как правило, работают в широком диапазоне температур. Знание характера изменения характеристик в зависимости от тепловых условий позволит учесть и скорректировать выходные данные указанных устройств на их основе.

Исходя из этого, была сформулирована тема работы – исследование теплового режима светодиодного светового прибора. Объектом исследования является светодиодный улично-дорожный светильник повышенной мощности и надежности. В рамках обозначенной темы были поставлены следующие задачи:

1. проведение обзора по методам обеспечения теплового режима светодиодных световых приборов;
2. разработка экспериментальных установок для:
   – исследования зависимости световой отдачи светодиодного светильника от температуры окружающей среды;
   – определения внутреннего теплового сопротивления СИД.

По результатам исследования получили экспериментальную зависимость освещенности от температуры окружающей среды. Результаты представлены на рис. 1 в виде графической зависимости.

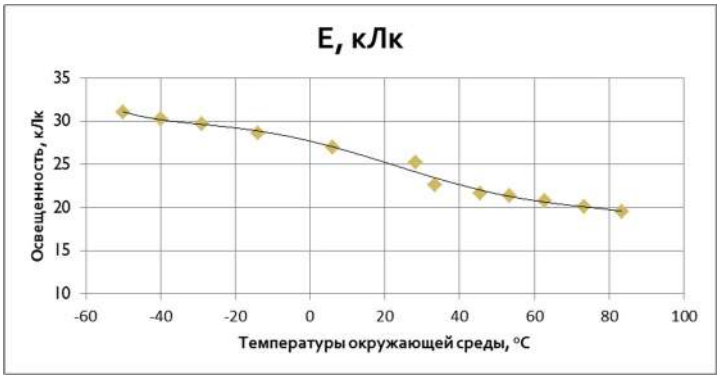


Рис. 1. Результаты исследования освещенности при различных температурах

На рис. 2 представлены результаты измерения температур элементов светильника при различных температурах окружающей среды.

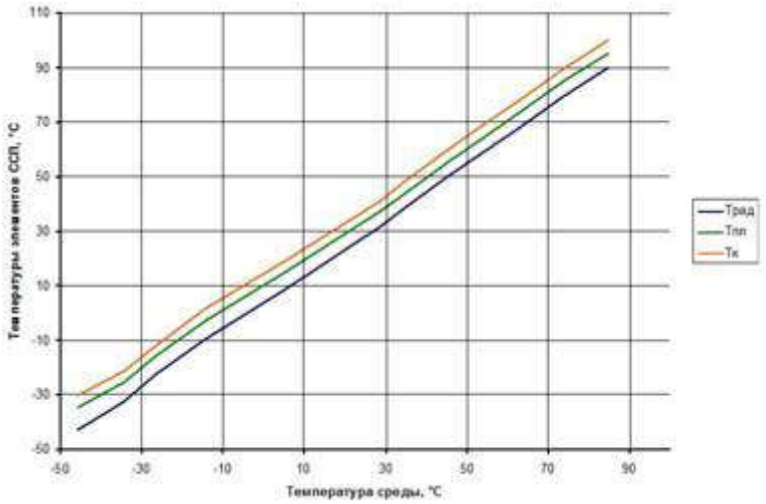


Рис. 2. Результаты измерения температур различных элементов (радиатора, платы и корпуса светоизлучающего диода) светодиодного светильника

Были выявлены значительные неоднородности температурных полей. Столь большие перепады температур свидетельствуют о наличие контактных сопротивлений, которые можно уменьшить с помощью применения высокотеплопроводных термопаст.

Также в работе проводилась экспериментальная оценка внутреннего теплового сопротивления СИД. Для этого была разработана и собрана экспериментальная установка. В результате исследования получили значение 25,7 К/Вт. Так как данная величина включает в себя контактное сопротивление между корпусом СИД и платой, на которой устанавливаются СИД, были даны рекомендации по уменьшению контактного термического сопротивления.

Таким образом, в работе был проведен обширный обзор по методам обеспечения теплового режима светодиодных световых приборов, экспериментально исследована зависимость освещенности от температуры окружающей среды и проведена оценка внутреннего теплового сопротивления, даны рекомендации по уменьшению перепадов температур между элементами конструкции светильника.

Литература

1. Агафонов Д.Р., Аникин П.П., Никифоров С.Г. Вопросы конструирования и производства светоизлучающих диодов и систем на их основе // Светотехника. – 2002. – № 6. – С. 6–11.
2. Ашкенази Г.А., Рабинерсон А.А. Режимы нагрузки силовых полупроводниковых приборов. – М.: Энергия, 1976. – 296 с.
3. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре: Учебник для вузов по спец. «Конструир. и произв. радиоаппаратуры». – М.: Высшая школа, 1984. – 247 с.
4. Эффективные решения для теплоотвода в светодиодной технике // Инф. бюллетень «Поверхностный монтаж». – 2011. – № 1 (87).

Согомонян Вахтанг Ашотович
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологии, кафедра технологии приборостроения, группа 6655
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: vahtch1989@mail.ru

УДК 004.415.2.031.43

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА РАССЕИВАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИМИТАТОРА ЭКРАНА НЕБОСВОДА

В.А. Согомонян
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Валетов

Данная работа раскрывает три методики изготовления специальной рассеивающей пластины из алюминиевого сплава с последующим детальным разбором одной из воплощенных методик в металле. Пластина является конструктивным элементом прибора, имитирующего небосвод. Купол (небосвод) состоит из одной тысячи элементов (пластин). Его основное предназначение – испытательный стенд для настройки навигационного оборудования авиакосмической отрасли. Суть купола – отражать посланный из любой точки внутри на его поверхность сигнал в фокус. Данное условие выполнимо при определенной поверхности пластины, о создании которой и пойдет речь в данной работе.

Задача работы создание отражающего элемента купола имитатора небосвода. Элемент представляет собой алюминиевую пластину с габаритными размерами 8×100×135 мм, с выполненной зеркальной поверхностью одной из больших граней и нанесенным на ней специальным оптическим рисунком. Назначение рисунка – отражать направленный пучок света в фокус полусферы независимо от направления источника. Элемент является частью конструкции, которая является прибором для наладки авиационного радара. Прибор представляет собой купол, имитирующий небосвод. Радиус купола 2 м. Полусфера должна быть выложена из элементов, о создании которых и шла речь в этой диссертации.

Метод электроэрозии. Суть данного метода заключается в том, что методом давления создается мастер-элемент, далее, путем гальванопластики, образуется матрица, с помощью которой впоследствии происходит обработка пластин при помощи электроэрозии. Технологический процесс гальванопластического изготовления изделий состоит из следующих основных этапов:

- изготовление модели изделия – подготовка литьевой формы, металлическое литье;
- подготовка поверхности модели (очистка, обезжиривание, полировка);
- нанесение на поверхность модели проводящего слоя;
- нанесение разделительного слоя;
- наращивание металла;
- удаление модели;
- отделка изделия.

Метод прокатом цилиндрическим валом. Вальцевание относится к одному из способов металлообработки посредством проката. Это может быть как ручная прокатка, так и механическая. Вальцевание происходит посредством прокатки металлических листов между вальцами. Благодаря этому лист металла приобретает равномерную толщину. Прежде всего, вальцевание необходимо, чтобы уменьшить

толщину листа, а также уплотнить его. Побочными положительными результатами вальцевания является еще и то, что поверхность металла после прокатки становится более гладкой и блестящей.

Учитывая, что после отжига Д16 имеет НВ 20, а диаметр шарика 1,6 мм, получаем, что для того, чтобы все шарики оказали давление на пластину, необходимо приложить силу 542 кг.

Метод давления матрицей. Процесс работы происходил следующим образом: на станке, в специально подготовленном приспособлении прикреплялась заготовка, на которую планируется нанести рисунок из лунок. После нанесения машинкой (ударного механизма с матрицей) необходимого рисунка, каждый элемент подвергался первой стадии контроля – осмотр поверхности под микроскопом. Контролер просматривал всю поверхность элемента на предмет присутствия отклонений от заданных параметров, таких как:

- непропечатывание лунок;
- наложение лунок друг на друга;
- неправильные шестиугольники;
- смещение рисунка;
- пробел-полоса между проходами матрицы;
- краевой эффект.

Первая проблема: как обеспечить плоскопараллельность между матрицей и поверхностью элемента? Генерировалось множество идей для решения данной трудности, среди них было и проектирование плавающей головки ударной матрицы на шаровом шарнире и проектирование самоустановочного рабочего стола по принципу кордана, но всем им было не суждено сбыться. Было принято решение обеспечить плоскопараллельное взаиморасположение следующими путями:

- выставление приспособления (стола), на котором располагался элемент;
- равнотолщинность элемента;
- настройка головки матрицы.

В процессе выполнения работы были разобраны три метода нанесения заданного микрорисунка на поверхность алюминиевой пластины. Один метод удалось воплотить в металле. Совершенствование последнего метода позволило получить рассеивающий элемент согласно техническому заданию.

Степанов Роман Андреевич
Год рождения: 1990
Факультет точной механики и технологий,
кафедра нанотехнологий и материаловедения, группа 6676
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: uberion@list.ru

УДК 543.427.4

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ НА БАЗЕ ЭНЕРГОДИСПЕРСИОННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ СПЕКТРОМЕТРОВ

Р.А. Степанов
Научный руководитель – к.г.-м.н., ст.н.с. Л.П. Коробейникова

Введение. В настоящее время рентгенофлуоресцентный спектральный анализ (РФСА) материалов стал уже одним из наиболее применимых и распространенных методов исследования состава вещества. Помимо количественного анализа вещества часто возникает необходимость в прямой идентификации объектов. Проблема идентификации материалов и оценка надежности такой идентификации достаточно широко распространена; она встречается, например, при входном контроле или при выявлении фальсифицированных продуктов. Надежная идентификация образцов сложного состава часто является значительно более трудной проблемой, чем их количественный анализ. Имеется несколько способов идентификации объектов, однако они порой достаточно трудны, громоздки и связаны с конкретными задачами и условиями. В рамках рентгенофлуоресцентного спектрального метода вопросы идентификации материалов на данный момент также недостаточно изучены.

Содержательная часть. Целью работы являлась разработка метода идентификации объектов по рентгеновским спектрам с помощью рентгенофлуоресцентного анализатора на примере алюминиевых сплавов.

Для выполнения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- освоить работу и аналитические возможности рентгенофлуоресцентных анализаторов;
- ознакомиться с объектом исследования – алюминиевыми сплавами и их стандартными образцами;
- изучить возможные математические аппараты в области распознавания образов и идентификации;
- выбрать информативные зоны спектров для снижения общего числа сравниваемых переменных на примере алюминиевых, медных, титановых сплавов;
- провести съемку спектров стандартных образцов алюминиевых сплавов и подготовить данные для математического анализа;
- составить базу опорных образцов алюминиевых сплавов и провести идентификацию выбранного образца с помощью выбранных математических средств;
- проанализировать полученные результаты и внести предложения по совершенствованию метода идентификации.

В случае РФСА значения интенсивностей аналитических линий элементов в спектре жестко привязаны к значениям энергий *K*-оболочки атомов. Аппаратурная погрешность спектрометра «РЕАН», используемого в данной работе, составляет в серии спектрометров менее 0,3% отн., что в совокупности с высоким энергетическим

разрешением спектрометров, приводит к возможности использования значений интенсивностей аналитических линий, как основных признаков объекта в предложенной системе идентификации.

Научная новизна заключается в установлении информативных энергетических зон рентгеновских спектров, и демонстрации возможности использования факторного анализа (методом главных компонент) для снижения размерности и классификации данных рентгеновских спектров для последующей идентификации.

Предложенная система идентификации основывается на теории распознавания образов (РО) – методе исследования сложных объектов, заключающемся в отборе признаков и разработке алгоритмов и программ, позволяющих по этим признакам автоматически классифицировать и идентифицировать объекты. Каждый объект описывается совокупностью основных характеристик $X = (x_1, ..., x_i, ..., x_n)$, где i-я координата вектора X определяет значения i-й характеристики. Успех в решении задачи РО зависит в значительной мере от того, насколько удачно выбраны признаки X.

В случае РФСА исследуемым объектом является любое вещество (сплав, горная порода, почва). За образ объекта, несущий информацию об элементном составе, принимается рентгеновский спектр флуоресценции, зарегистрированный в нашем случае полупроводниковым детектором с использованием настольного энергодисперсионного спектрометра «РЕАН». Для сокращения данных, получаемых с одного спектра, вводятся основные базовые понятия: «информативные энергетических зоны» (ИЭЗ) и «информативные спектральные отношения» (ИСО). В этом случае спектр разделяется на энергетические зоны двух типов. Первый тип – «информативные флуоресцентные энергетические зоны» включает в себя энергетические области пиков характеристической рентгеновской флуоресценции ведущих аналитических линий химических элементов ($K\alpha$, $K\beta$, $L\alpha$, $L\beta$). Второй тип – «информативные фоновые энергетические зоны». В результате становится возможным сократить данные спектра одного образца до 10–20 характеристических значений.

В исследовании, проводившемся на примере алюминиевых сплавов, в спектрах Государственных стандартных образцов (ГСО) были выбраны интенсивности (скорости счета) аналитических линий согласно построенным таблицам информативных флуоресцентных энергетических зон. Полученные данные разных образцов, объединенные в векторы, образуют опорную матрицу, использующуюся в процессе идентификации. Дальнейшее исследование итоговой матрицы проводилось с использованием основных принципов факторного анализа с методом главных компонент в статистическом пакете STATISTICA и пакете MATLAB.

Суть метода главных компонент – это существенное понижение размерности данных. Исходная матрица X заменяется двумя новыми матрицами счетов **T** и нагрузок **P**, размерность которых меньше, чем число переменных у исходной матрицы X (рис. 1). Вторая размерность – число образцов (строк) I сохраняется.

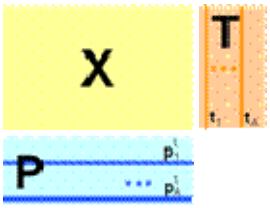


Рис. 1. Декомпозиция исходной матрицы X

Матрица счетов **T** дает проекции исходных образцов на подпространство главных компонент. Строки матрицы **T** – это координаты образцов в новой системе координат. Столбцы матрицы представляют собой проекции всех образцов на одну новую

координатную ось, т.е. старые переменные **x**, представляющие значения интенсивностей в зонах спектра, заменяются новыми выделенными факторами **t**, которые объединяют одну или несколько переменных. Матрица нагрузок **P** – это матрица перехода из исходного пространства переменных в пространство главных компонент. Каждая строка матрицы **P** состоит из коэффициентов, связывающих переменные **t** и **x**.

Использование факторного анализа позволяет провести классификацию исходных исследуемых данных (рис. 2).

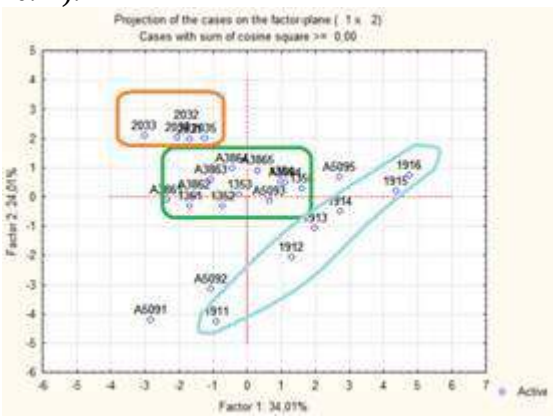


Рис. 2. График проекции координат образов на пространство факторов

На графике изображаются все наблюдения (объекты) в выделенном пространстве факторов. Первая группа (выделено оранжевым цветом) объединяет образцы сплавов системы Al-Si-Cu, вторая (зеленая) – сплавы системы Al-Si-Mg и последняя группа содержит образцы сплавов системы Al-Mg, отличающиеся большим содержанием магния.

В конце работы в качестве примера приводится пример идентификации. Вектор, составленный на основе данных спектра исследуемого неизвестного образца, умножается на матрицу поворота **P**, и полученный результат сравнивается со строками матрицы счетов **T**, каждая строка которой соответствует определенному ГСО исходной матрицы. Используя статистические приемы проверки гипотез, и, принимая за нулевую гипотезу H0 идентичность 2-х образцов (т.е. равенство математических ожиданий всех пар факторов), можно, высчитав значения расстояний между векторами данных, с выбранной доверительной вероятностью определить критическую область для расстояний, попадая в которую, нулевая гипотеза отвергается. Это позволяет ответить на вопрос: «Принадлежит ли исследуемый образец определенной группе материала?», и найти наиболее близкий соответствующий стандартный образец.

Заключение. Полученные результаты идентификации исследуемого образца позволяют сделать вывод о высокой применимости метода идентификации, описываемого в данной работе. В будущем можно провести внедрение предложенного метода в программный комплекс спектрометра «РЕАН». Для этого необходимо будет провести подобные исследования для данных материалов других типов (сталей, сплавов и т.д.) и занести рассчитанные матрицы счетов и нагрузок в память программы. Основные результаты данной работы:

- для сокращения сравниваемых признаков объектов были выбраны информативные зоны спектров алюминиевых, медных, титановых сплавов;
- показана возможность применения факторного анализа и метода главных компонент для идентификации алюминиевых сплавов по рентгеновским спектрам.

Литература

1. Лосев Н.Ф., Смагунова А.Н. Основы рентгено-спектрального флуоресцентного анализа. – М.: Химия, 1982. – 206 с.
2. Дж.-О. Ким, Мьюллер Ч.У., Клекка У.Р. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: Пер. с англ / Под ред. И.С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
3. Померанцев А. Метод Главных Компонент (PCA) [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://www.chemometrics.ru/materials/textbooks/pca.htm, своб.
4. Коробейникова Л.П., Коробейников С.И., Жарикова Э.В. Система рентгеноспектральной идентификации объектов энергодисперсионными полупроводниковыми спектрометрами // Тезисы докладов VII Всероссийской конференции по рентгеноспектральному анализу. – Новосибирск: Изд. СО РАН, 2011. – С. 15.

Фисенко Михаил Григорьевич
Год рождения: 1989
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа 6301
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
e-mail: fmg989@gmail.com

УДК 535-21/-28

ФОРМИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ИНТЕРПОЛЯЦИИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ РЕГИСТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ПЗС-МАТРИЦЕ

М.Г. Фисенко
Научный руководитель – к.т.н., доцент К.В. Ежова

Введение. В настоящее время самыми распространенными приборами для регистрации изображения являются полупроводниковые приемники изображения, например, такие как прибор с зарядовой связью (ПЗС)-матрица. ПЗС-матрица или CCD-матрица (CCD, Charge-Coupled Device) – специализированная аналоговая интегральная микросхема, состоящая из светочувствительных фотодиодов, выполненная на основе кремния.

Фоточувствительные ПЗС сами по себе не способны различать цвета. Разница в длинах волн, которая и определяет цвет падающих на них фотонов и воспринимается как разница в энергиях. Вариации, как энергии фотона, так и их числа, за время экспозиции приводят к изменению всего лишь одной величины – заряда в ячейке. В связи с этим на выходе имеется монохромное изображение, т.е. градации серого. Для обеспечения сенсору возможности различать цвета нужны дополнительные приспособления. Наиболее популярным является установка светофильтра над каждым пикселем сенсора по принципу мозаики Байера (RGBG-фильтр). В основе фильтра Байера лежит принцип дискретизации яркостного канала на большей частоте, нежели двух оставшихся цветовых. За яркостной канал был принят зеленый, так как кривая яркостной чувствительности глаза человека имеет максимум около точки 550 нм, что

соответствует зеленому цвету. Да и число зеленочувствительных рецепторов на сетчатке в два раза больше, чем красных или синих.

Выигрыш по скорости и стоимости варианта с массивом цветных фильтров, компенсируется проигрышем по пространственному и цветовому разрешению. Данные одного пикселя итогового изображения как-бы размазываются по нескольким ячейкам. Для того чтобы получить RGB-значения каждого пикселя необходимо произвести цветовую интерполяцию.

Содержательная часть. Для решения этой задачи было предложено множество алгоритмов, начиная с идей использовать стандартные алгоритмы ресамплинга (например, билинейный, бикубический), а также использовать избыточность зеленых сенсоров в мозаике Байера. Так как зеленые сенсоры в мозаике расположены чаще, то согласно теореме Котельникова, по зеленой компоненте можно восстановить более высокие частоты, чем по синей и красной.

В данной работе, были использованы алгоритмы интерполяции: билинейный, бикубический, Киммела, ближайших соседей, а также реализована возможность компенсации цветового муара.

Билинейный метод относится к простейшим алгоритмам ресамплинга. Он требует малого количества ресурсов для расчета и прост в реализации. Билинейный метод интерполяции может быть описан как среднее арифметическое значений ближайших пикселей к искомому.

Метод Киммела относится к адаптивным алгоритмам интерполяции, которые интерполируют сначала зеленую компоненту одним из качественных алгоритмов ресамплинга, учитывающим информацию о краях, а затем интерполируют красный и синий уже с учетом восстановленного зеленого. Иногда этот процесс носит итерационный характер – по восстановленным красному и синему производится коррекция зеленого, который, в свою очередь, используется для дальнейшей коррекции красного и синего. Так, например, работает алгоритм Киммела.

Самый простой метод интерполяции, который просто заменяет интерполируемые точки значениями с соседних пикселей. Пожалуй, единственное преимущество такого подхода заключается в простоте реализации и вычислений. Однако низкое качество получаемого изображения и «блочность» являются большими недостатками.

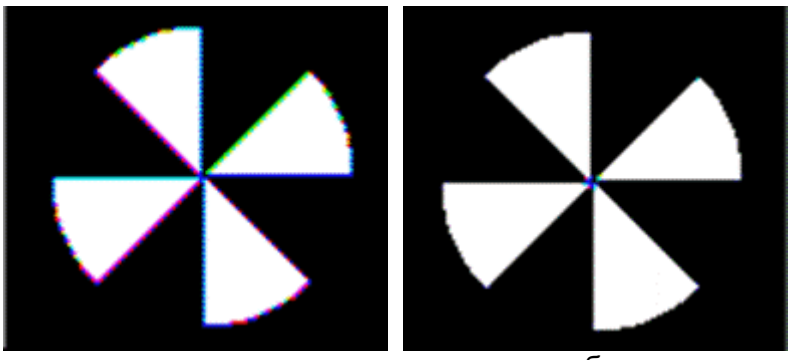
Бикубическая интерполяция требует наибольшее число ресурсов из всех представленных в данной работе. Особенность данного метода заключается в том, что для расчета используется до 16 окружающих пикселей. В билинейном, например, только 4 [1–7].

В ходе работы был разработан и реализован алгоритм, позволяющий проводить компенсацию хроматизма.

Компенсация хроматизма происходит следующим образом.

1. Сначала выбранное изображение анализируется на наличие цветового муара, путем сравнения значений цвета. Для этого на изображение вновь накладывается шаблон Байера. Данный параметр может быть отрегулирован, чем больше введенное значение, тем более «чувствителен» анализ.
2. После этого происходит анализ 8 пикселей, окружающих пересчитываемый пиксель, на предмет того, принадлежат ли они одной плоскости, путем сравнения значений их цветов между собой. Данный параметр может быть отрегулирован, чем меньше введенное значение, тем более точен анализ.
3. Затем участки изображения с хроматизмом пересчитываются, на основе значений тех пикселей, которые лежат с ними в одной плоскости.

Реализованный алгоритм показывает хорошие результаты по устранению хроматизма, как на цветном изображении, так и при работе с черно-белыми растрами (рисунок).



а б

Рисунок. Результат работы алгоритма компенсации: изображение до компенсации (а), после компенсации (б)

Заключение. Был проведен обзор алгоритмов интерполяции. В сравнительном тесте было показано, что алгоритм Киммела способен на хорошем уровне справляться со своими задачами и пригоден для использования там, где нужна быстрая и качественная визуализация полученного изображения. Другие алгоритмы также способны показывать хорошие результаты, то только после проведения компенсации хроматизма.

Разработанный и реализованный алгоритм компенсации муара (хроматизма) позволяет существенно уменьшить, а в некоторых случаях полностью убрать данные артефакты на изображениях, что может свидетельствовать о том, что полученные результаты полностью удовлетворяют поставленным задачам.

Литература

1. История создания цифровой фотографии – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.litedigit.ru/up_menu/theory/ist_foto, своб.
2. Приборы с зарядовой связью. Устройство и основные принципы работы – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: (http://st.ess.ru/publications/articles/nikulin2/nikulin.htm), своб.
3. Тенденции в цифровой фотографии. Ч. 3 (ПЗС-матрицы) – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.3dnews.ru/guide/photo-matrix/, своб.
4. iXBT: Твердотельные сенсоры изображения: как получается цвет – [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://www.ixbt.com/digimage/sens.shtml, своб.
5. Homepage of Alexey Lukin – [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://audio.rightmark.org/lukin/graphics/demosaicing.rus.htm, своб.
6. Press W.H., Teukolsky S.A., Vetterling W.T., Flannery B.P. Numerical Recipes in C++: The Art of Scientific Computing, 2-d ed. – Cambridge University Press, New York, 2002.
7. Acharya T., Tsai P.S. Computational Foundations of Image Interpolation Algorithms // ACM Ubiquity. – 2007. – V. 8.

Халилов Эльдар Акифович
Год рождения: 1989
Естественнонаучный факультет, кафедра высшей математики, группа 6742
Направление подготовки:
010400 Прикладная математика и информатика
e-mail: el.khalilov@gmail.com

УДК 537.9

САМОСОГЛАСОВАННЫЕ РАСЧЕТЫ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ СПЛАВОВ В ПЕРИОДИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АНДЕРСОНА

Э.А. Халилов
Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор В.М. Уздин

Сплавы на основе никеля и титана, благодаря своим уникальным свойствам, таким как эффект памяти формы, превосходная коррозионная стойкость и высокая прочность, широко используются в медицине, приборостроении и в авиационной промышленности, медицине, приборостроении и в авиационной промышленности. Эффект памяти формы – это свойство металла возвращаться к первоначальной форме при нагреве после предварительной деформации. Это происходит из-за того, что кристаллическая решетка нитинола может находиться в двух устойчивых состояниях – мартенситном и аустенитном. При температуре выше критической весь сплав находится в аустенитной фазе с объемноцентрированной кубической решеткой. При охлаждении сплав переходит в мартенситную фазу, в которой благодаря изменившимся геометрическим пропорциям ячеек кристаллической решетки становится пластичным. Если приложить небольшое механическое усилие, изделию из нитинола в мартенситном состоянии можно придать почти любую конфигурацию, и она будет сохраняться до тех пор, пока предмет не нагреют до критической температуры. В этот момент мартенситная фаза становится энергетически невыгодной, и металл переходит в аустенитную фазу, восстанавливая прежнюю форму. В настоящее время сплавы с эффектом памяти формы активно изучаются. Особый интерес представляет зависимость электронной структуры сплава от концентрации компонент. В данной работе рассматривалась зависимость плотности состояний d-электронов сплава NiTi.

Для описания плотности состояний была использована микроскопическая модель Андерсона. Эта модель первоначально применялась для объяснения возникновения магнитных моментов на примесных атомах 3d-элементов, помещенных в матрицу немагнитного металла [1, 2]. Примесные атомы не взаимодействовали друг с другом, находясь на большом расстоянии. Модель предполагает существование двух энергетических зон, отвечающих коллективизированным 4s(p)-электронам и локализованным на узлах 3d-электронам. Кулоновское отталкивание d-электронов на узле учитывалось в приближении Хартри-Фока. Магнитный момент и число d-электронов на атом находилось методом функций Грина. Плотность состояний d-электронов определялась как мнимая часть от диагональных матричных элементов функции Грина. Гибридизация s(p)- и d-электронов приводит к появлению у d-уровней конечной ширины Γ. Для каждого химического элемента модель содержит всего три феноменологических параметра. Эти параметры определяют положение d-уровня относительно уровня Ферми, кулоновское отталкивание на узле и интеграл перехода d-электронов между соседними атомами. В случае, когда атомы находятся в узлах

кристаллической решетки, плотность состояний может иметь несколько минимумов. Это приводит к возможности существования нескольких самосогласованных решений с разным значением магнитного момента для одного и того же набора параметров модели.

В отличие от случая чистого магнитного металла, сплав NiTi практически немагнитен, так как титан немагнитен, а никель, в рассматриваемых концентрациях, при которых возможно появление эффекта памяти формы порядка 50%, обладает крайне низкими магнитными свойствами. Возможность применения периодической модели Андерсона для немагнитных сплавов представляет определенный интерес. В работе рассматриваются сплавы никелид титана с концентрациями $Ni_{45}Ti_{55}$, $Ni_{50}Ti_{50}$, $Ni_{55}Ti_{45}$, для которых имеются экспериментальные данные по фотоэмиссии [4]. Для анализа электронной структуры сплава необходимо рассмотреть зависимость плотности состояний от концентраций металлов. В работе рассматривается решение самосогласованных уравнений для функций Грина d-электронов титана и никеля в сплаве. Были разработаны алгоритмы самосогласованных расчетов электронной структуры сплавов NiTi, позволяющих анализировать, как меняется плотность состояний при изменении атомной концентрации компонент. Результат расчетов показал, что плотность состояний при увеличении концентрации никеля в сплаве сдвигается в сторону больших энергий. Эти результаты согласуются с экспериментальными спектрами фотоэмиссии, которые были получены в Санкт-Петербургском государственном университете. В эксперименте образцы сплавов $Ni_{45}Ti_{55}$, $Ni_{50}Ti_{50}$, $Ni_{55}Ti_{45}$ были изучены методами рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии и спектроскопии ближней тонкой структуры рентгеновских спектров поглощения. Экспериментальные спектры коррелируют с данными, полученными в результате самосогласованных расчетов плотности состояний. Таким образом, модель Андерсона, применяемая первоначально для описания магнитных свойств примесей, может быть использована для интерпретации экспериментов по фотоэмиссии.

Литература

1. Вонсовский С.В. Магнетизм. – М.: Наука, 1984. – 208 с.
2. Anderson P.W. Localized magnetic states in metals // Phys. Rev. – 1961. – V. 124. – P. 41–53.
3. Андерсон Ф. Локализованные моменты и локализованные состояния // УФН. – 1979. – № 127. – С. 19–39.
4. Сеньковский Б.В., Усачев Д.Ю., Федоров А.В., Вилков О.Ю., Шеляков А.В., Адамчук В.К. Электронная энергетическая структура сплавов Ti-Ni: исследование методами XPS и NEXAFS, 2011.
5. Сеньковский Б.В., Усачев Д.Ю., Федоров А.В., Шеляков А.В., Адамчук В.К. Экспериментальное исследование валентной зоны сплавов Ti(NiCu) с различным составом и кристаллической структурой // ФТТ. – Т. 54. – Вып. 8. – С. 1441–1446.

Хворостова Елена Александровна
Год рождения: 1989
Институт холода и биотехнологий, факультет экономики и экологического менеджмента, кафедра экономики и финансов, группа 6ФМ
Направление подготовки:
080200 Менеджмент
e-mail: hvorostovalena@yandex.ru

УДК 336.645

МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСАМИ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ СТРУКТУР В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Е.А. Хворостова
Научный руководитель – д.э.н., профессор Н.А. Василенок

Неустойчивое состояние многих российских коммерческих предприятий остро ставит задачу интенсивного поиска действенных мер, обеспечивающих условия для мобилизации их внутренних резервов и порождает необходимость разработки новых подходов к управлению предпринимательскими структурами. Для российских предпринимательских структур крайне актуальна проблема ликвидации определенного разрыва между теоретическими обоснованиями и основными процедурами практического применения методологии управления финансами. В сложившихся условиях выживаемость предпринимательских структур связана с получением ими конкурентных преимуществ путем создания сбалансированной системы управления финансами. Все вышеизложенное характеризует особую актуальность и практическую значимость исследования особенностей современной динамики финансов предпринимательских структур и вопросов повышения эффективности управления ими.

Исследованию проблем управления финансами предприятия, формирования для этих целей информационной базы, концептуальных и методологических основ, а также создания механизмов практической реализации разработанных методик посвящены труды российских ученых: Н.С. Аринушкина, И.А. Бланка, О.В. Ефимовой, В.В. Ковалева, М.В. Мельник, А.П. Рудаковского, Г.В. Савицкой, А.Д. Шеремета, а также зарубежных авторов: Е. Альтмана, Л.А. Бернстайна, Д. Блейка, Е.Ф. Бригмана, М.Ф. Ван Бреда, П. Гарнера, П. Герстнера, Дж. Фостера, Э. Хелферта, Э.С. Хендриксена, В. Хикмана, Р.Н. Холта, Дж.К. Ван Хорна, Ч.Т. Хорнгрена, Р. Энтони и других.

Недостаточное теоретическое обоснование проблем реализации и адаптации теорий управления финансами к деятельности отечественных организаций послужили стимулом к детальной разработке элементов этого процесса, предопределили выбор темы, постановку цели и задач диссертационного исследования. В российской экономической литературе недостаточно исследованы и охарактеризованы концептуальные подходы и методический инструментарий, которые раскрывают функции, методы, содержание управления финансами. Применение зарубежной методологии этого процесса затруднено национальными особенностями построения системы бухгалтерского и финансового учета.

Целью исследования являлось изучение теоретических основ формирования механизма управления финансами и разработка рекомендаций по совершенствованию

механизма управления финансами предпринимательских структур в пищевой промышленности.

Поставленная цель обусловила решение следующих основных задач: рассмотреть научные подходы и проанализировать развитие теории предпринимательства, финансовой науки и управленческой мысли; раскрыть содержание понятий «предпринимательские структуры» и «механизм управления финансами»; изучить финансовый механизм управления финансами и проанализировать методы и инструменты механизма управления финансами; проведение анализа финансово-хозяйственной деятельности на предприятии пищевой промышленности и выявление мер по совершенствованию механизма управления финансами.

Объект исследования – предприятия пищевой промышленности (на примере ОАО «Вимм-Билль-Данн»). Предмет исследования – механизм управления финансами предпринимательских структур.

Научная гипотеза основывается на предположении, что эффективное управление финансами предприятий, как в благоприятной ситуации, так и в условиях экономической нестабильности, может быть обеспечено только при комплексном подходе к оценке их имущественного и финансового потенциала, на основе ретроспективного и перспективного анализа управленческой и финансовой информации, сочетания прогрессивных методов оперативного и стратегического управления для повышения финансовой устойчивости и привлекательности предприятий.

В процессе исследования для достижения поставленной цели использовалась система методов, включающая методы теоретического обобщения и сравнения, экспертной оценки, экономико-статистические методы, методы финансового анализа, системный и комплексный подходы. Также в работе применялись методы проведения анализа финансового состояния предприятия, такие как: непосредственный анализ финансовой отчетности, горизонтальный и вертикальный анализ финансовой отчетности, расчет финансовых показателей.

В целях формирования теоретических основ механизма управления финансами предприятия, с позиций информационного обеспечения, в работе уделено особое внимание финансовой информации и ее аналитической интерпретации. При этом важную роль отведена пояснительной информации, ее представлению, корректировке, уточнению и дополнению, с учетом ее качественных характеристик, свойств и ограничений.

Структурный подход к раскрытию экономической сущности и специфики управления финансами предприятия основан на системном анализе отечественного и зарубежного опыта, с учетом объективной необходимости рассмотрения экономического субъекта в качестве целостной системы, с детально проработанными методами и схемами внутренних коммуникационных связей, в которой активно взаимодействуют финансовые и управленческие функции с целью создания и реализации стратегии развития предприятия. В данном контексте, в работе конкретизировано понятие бюджетирования в качестве элемента комплексного управления финансами предприятия, призванного реализовать взаимосвязанные функции составления бюджетов, его оценки, внедрения и выявления результатов.

Аналитический подход к понятию комплексного управления финансами предприятия должен предусматривать два этапа проведения анализа, на первом из которых должно оцениваться финансовое состояние, а на втором – обосновываться принятые финансовые и управленческие решения. Анализ должен был также разграничен с точки зрения времени и периода проведения, круга решаемых проблем и преимуществ направлений анализа.

В целом, разработка и обоснование теоретических основ механизма управления финансами предприятия с экономической, информационной, структурной и аналитической позиций должны основываться на критериях системности и комплексности подходов, интегрировании информационных систем, сопоставимости приложенных усилений и полученного эффекта, преемственности и последовательности этапов процесса управления, вероятности подходов к реализации и направленности механизма управления на требования конкретного экономического субъекта. Прерогативой успешной реализации теоретических и концептуальных основ механизма комплексного управления финансами предприятия должно служить совершенствование его методологии, включающей методические, организационные и технические аспекты рассматриваемых проблем. Разработка методологии комплексного управления финансами, с использованием оптимальной информационной базы, должна основываться на едином подходе к определению и формулировке основных целей, функций и задач, а также практических способов реализации по двум направлениям, первое из которых должно заключаться в подготовке стратегических планов, а второе – в бюджетировании, осуществляемом путем детализации долгосрочных планов в текущие краткосрочные бюджеты деятельности предприятия на последующий, более короткий период времени.

Научная ценность работы заключается в следующем: проанализировано развитие теории предпринимательства, финансовой науки и управленческой мысли; определены внутренние и внешние факторы, влияющие на систему управления финансами предприятия, что позволяет повысить качество принимаемых решений в сфере управления финансами предпринимательских структур; выявлены и классифицированы основные финансовые риски, связанные с управлением финансами предпринимательских структур; выявлены особенности финансов предпринимательских структур в пищевой промышленности, учет которых необходим при разработке механизма управления финансами; предложены методические рекомендации по совершенствованию механизма управления финансами предпринимательских структур в пищевой промышленности.

Литература

1. Караванова Б.П. Разработка стратегии управления финансами организации. – М.: Финансы и статистика, 2008. – 185 с.
2. Негашев Е.В., Шеремет А.Д. Методика финансового анализа деятельности коммерческих организаций. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 225 с.
3. Семенов В.М. Управление финансами промышленности. – М.: ИНФРА-М, 2010.– 218 с.

УЧАСТНИКИ КОНКУРСА КАФЕДР УНИВЕРСИТЕТА НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ

Абаев Григорий Евгеньевич
Дата рождения: 1989
Факультет точной механики и технологий, кафедра технологии приборостроения, группа 6658
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: abaev2007@list.ru

УДК 658.51 + 004.415.2.04

ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА ПРИ РЕИНЖИНИРИНГЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА МАЛОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Г.Е. Абаев
Научный руководитель – к.т.н., доцент Р.Р. Магдиев

В работе исследовалась деятельность конкретного предприятия, выпускающего музыкальные приборы и инструменты в масштабах единичного производства на заказ по заданным спецификациям и обладающими заранее определенными конечными эксплуатационными свойствами.

Актуальность работы обусловлена системным применением современных средств автоматизации технологической подготовки производства на малом предприятии замкнутого цикла. Отсутствие конкурентоспособных отечественных производителей на рынке музыкальных приборов и инструментов объясняется отсутствием должной подготовки производства на существующих предприятиях и условиями современного рынка. Представленные брендовые производители занимаются массовым или крупносерийным производством, в то время как современный рынок промышленных товаров и услуг претерпел за последние 10 лет существенные изменения, которые продолжают углубляться. Производимая продукция перестала носить массовый характер и стала ориентироваться на удовлетворение запросов различных групп потребителей. Возросшая конкуренция среди производителей и высокая степень информированности потребителей привели к тому, что изменилась сама роль потребителя – он все больше выступает в качестве заказчика, определяет вид и свойства выпускаемой продукции. Каждый вид продукции создается таким образом, чтобы удовлетворить запросы именно данной группы потребителей [1].

На основе методов проведения реинжиниринга бизнес-процессов (перепроектирования с целью повышения основных показателей продуктивности) в системе ADONIS автором была составлена концептуальная модель существующего предприятия. Описание бизнес-процессов, протекающих на предприятии, отражено в работе в виде функциональных, организационных и информационных моделей. На основе анализа этих моделей выявлены проблемные места предприятия, связанные с отсутствием автоматизированной конструкторской (КПП) и технологической (ТПП) подготовки производства, документооборотом и наличием ручной обработки на стадии производства изделий, и предложена новая концептуальная модель расширенного предприятия (рис. 1).

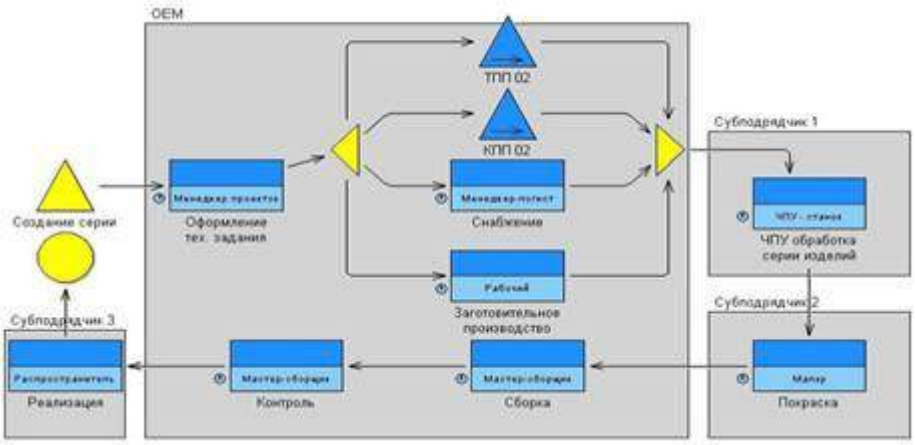
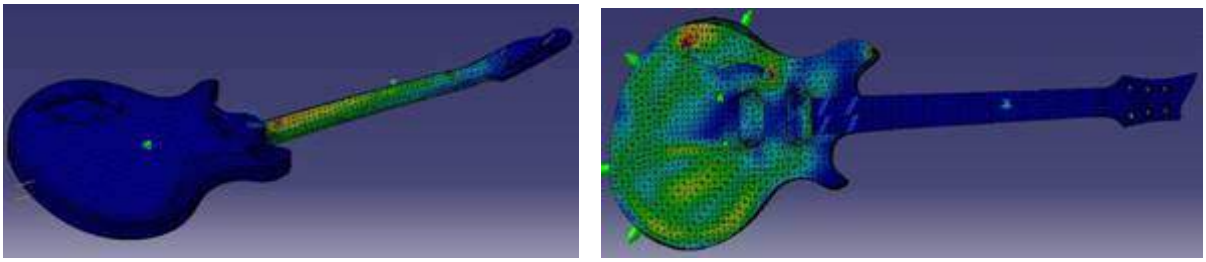


Рис. 1. Функциональная модель расширенного предприятия в системе проектирования бизнес-процессов ADONIS

Расширенное предприятие основывается на выявлении головным предприятием своих наиболее сильных сторон и ведении самостоятельных работ только в рамках этих компетенций. За их пределами OEM-предприятие (OEM – Original Equipment Manufacturer) использует аутсорсинг. Под аутсорсингом понимается передача стороннему подрядчику некоторых бизнес-функций или частей бизнес-процесса предприятия с целью сокращения сроков выпуска и снижения себестоимости продукции. OEM-предприятие способствует применению новых информационных технологий для интеграции совместной деятельности, а также проводит организацию стратегических альянсов с наиболее эффективными партнерами [2].

Предложенные решения по автоматизации КПП и ТПП были проработаны при создании серии изделий, содержащей 3 базовые конструкции электрогитары и ряд их модификаций. В системе проектирования (CATIA) V5 был проведен CAE-анализ (Computer Aided Engineering – «компьютеризация инженерных исследований») влияния конструкции изделия на конечные характеристики продукта (частотно-резонансный анализ конструкции по всему спектру звучания электрогитары). Проведен анализ деформаций и распределения нагрузок на гриф под натяжением струн (рис. 2). По результатам исследования были внесены изменения и дополнения в конструкцию изделия в виде акустических полостей в корпусе и позиционирования анкера в грифе для усиления области, на которую приходится наибольшая нагрузка. Также проведен анализ влияния материалов на характер звучания изделия и выбраны оптимальные материалы для изготовления изделия.



а б

Рис. 2. CAE-исследование в системе CATIA V5: анализ деформации грифа (а); частотно-резонансный анализ конструкции (б)

В виде трехмерных моделей в системе CATIA V5, смоделирован ряд производимых и покупных изделий, таких как колки, струнодержатели, звукосниматели, тремоло-системы различных производителей. Созданы чертежи для производимых деталей. Произведена классификация и унификация деталей и их

элементов. Использовались такие средства автоматизации КПП как параметризация трехмерных моделей деталей и изделий, в том числе и табличная параметризация для управления конфигурациями изделий, создание каталогов изделий и конструкторских элементов, используемых при построении моделей (рис. 3), для облегчения последующего проектирования использованием раннее созданных элементов. В результате автоматизации КПП удалось сократить время конструирования с нескольких недель до 3–4 дней при условии выполнения работы одним конструктором.

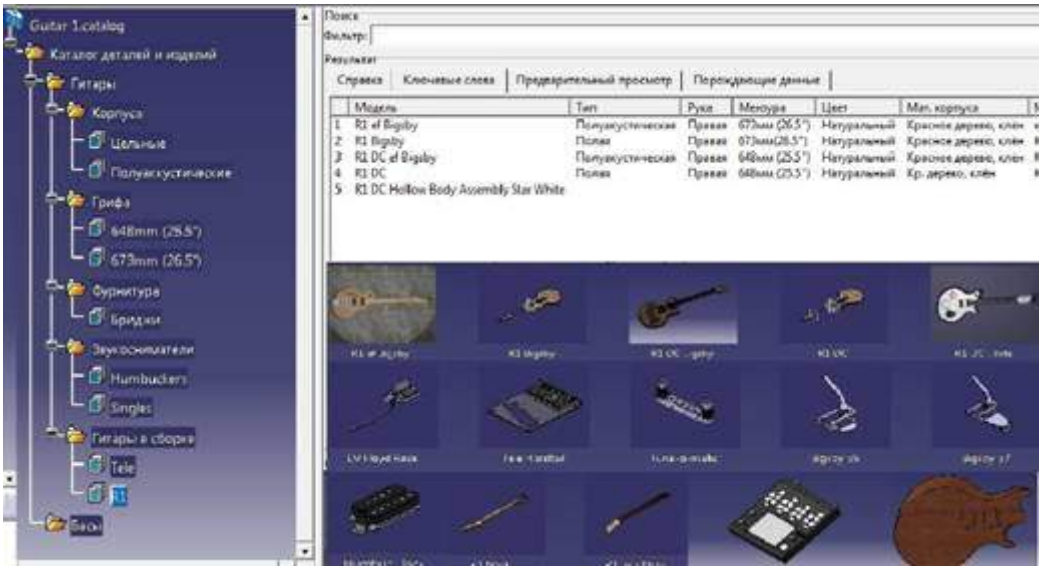


Рис. 3. Каталог производимых и покупных изделий в программе CATIA V5

На этапе ТПП были спроектированы в системе автоматизированного проектирования технологических процессов ТехноПро5 технологические процессы изготовления и сборки для разработанных изделий. В системе CATIA V5 были спроектированы и параметризованы 3D-модели оснастки, требуемой для производства корпусов новых изделий. Там же, в CATIA, были выполнены управляющие программы для станка с ЧПУ.

Для поддержки постпроизводственных стадий жизненного цикла и создания электронных руководств использовалась система 3DVIA Composer (рис. 4).

Для создания единого информационного пространства и управления подготовкой производства все полученные данные были объединены в системе ENOVIA SmarTeam.

Предложена новая конструкция изделия (рис. 4).

Рис. 4. Описание конструкции нового изделия в системе 3DVIA Composer

Практическая значимость полученных результатов обусловлена их применением на созданном автором малом производственном предприятии.

Тем самым произведена компьютерная поддержка различных этапов жизненного цикла изделия (ЖЦИ), где ЖЦИ охватывает все этапы существования изделия от маркетинговых исследований до утилизации продукта. Это позволяет говорить о создании системы компьютерной поддержки продукта, что должно сократить в разы временные и финансовые затраты на подготовку производства и производство изделий на малом приборостроительном предприятии.

Литература

1. Зильбербург Л.И., Молочник В.И., Яблочников Е.И. Реинжиниринг и автоматизация технологической подготовки производства в машиностроении. – СПб: Компьютербург, 2003. – 152 с.
2. Яблочников Е.И., Молочник В.И., Фомина Ю.Н., Саломатина А.А., Гусельников В.С. Методы управления жизненным циклом приборов и систем в расширенных предприятиях: Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 148 с.

Абрамов Алексей Анатольевич
Дата рождения: 1989
Факультет точной механики и технологии,
кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии, группа 6665
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: alnik-89@mail.ru

УДК 62-231.258

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СОПЛА КАМЕРЫ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

А.А. Абрамов
Научный руководитель – к.т.н., доцент С.С. Киселев

Обеспечение надежности ракетно-космической техники (РКТ) невозможно без эффективного контроля ее качества на всех этапах жизненного цикла.

Необходимо отметить, что к элементам РКТ, а особенно к жидкостным ракетным двигателям (ЖРД) предъявляются жесткие требования по надежности. Вместе с тем остается нерешенным вопрос контроля качества паяных соединений сопел камер ЖРД, а именно обнаружение типа «непропай», наличие которых может существенным образом сказаться на надежности паяного соединения камеры, ЖРД и ракеты космического назначения в целом. Контроль необходимо проводить по нескольким причинам:

- единичное (мелкосерийное) производство двигателей ЖРД;
- высокая ответственность деталей и узлов ЖРД;
- узлы ЖРД работают в условиях высокой нагрузки.

Данный факт подтверждается серией отказов ЖРД при проведении их огневых испытаний, а также аварией при запуске космического аппарата «Меридиан» в 2011 году.

В настоящее время активно разрабатываются и внедряются новые технологии неразрушающего контроля (НК) качества паяных соединений сопел камер ЖРД, к которым следует отнести методы и средства лазерно-ультразвукового контроля (ЛУЗК). Однако применение данного метода в технологическом процессе контроля при изготовлении камер ЖРД сегодня возможен лишь в «ручном» режиме, что является сдерживающим моментом на пути его внедрения в практику производства изделий РКТ. С учетом этого, представляется целесообразным проведение исследований, направленных на автоматизацию ЛУЗК качества паяных соединений сопел камер ЖРД. Все это определяет актуальность работы.

Таким образом, имеет место проблемная ситуация, заключающаяся в противоречии между необходимостью обеспечения ЛУЗК качества паяных соединений сопла камеры ЖРД – с одной стороны, и отсутствием установки обеспечения автоматизированного контроля – с другой.

Научная задача, решаемая в настоящей работе, сформулирована следующим образом – разработка технического предложения для автоматизации НК камеры ЖРД.

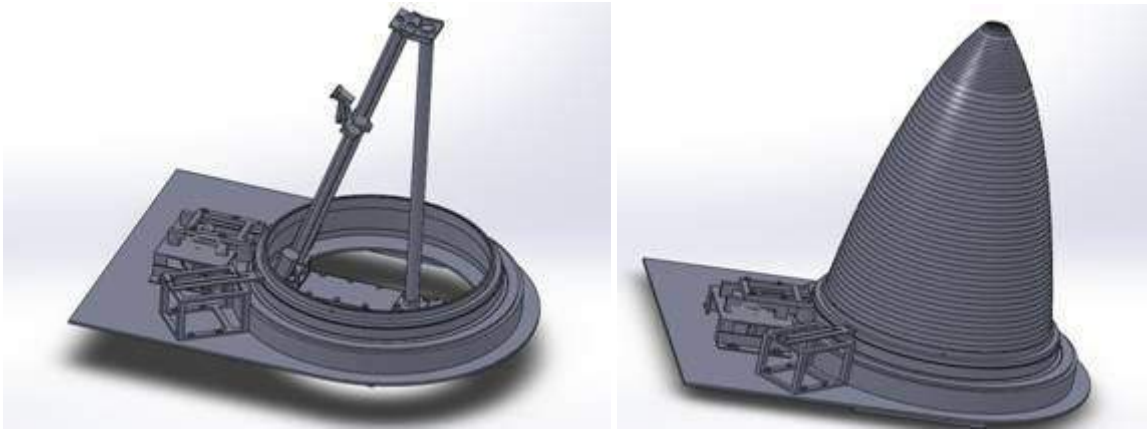
Цель работы повышение оперативности ЛУЗК качества паяных соединений сопла камеры ЖРД на основе применения автоматизированной установки. Достижение указанной цели позволяет решить сформулированную выше научно-техническую проблемную ситуацию. При этом в качестве объекта исследования выступила автоматизированная установка ЛУЗК, а в качестве предмета исследования – принципы и средства автоматизации процесса НК.

Для достижения цели работы поставлены и решены следующие основные и взаимосвязанные задачи:

- анализ дефектов паяных соединений сопла камеры ЖРД [2];
- анализ методов и средств контроля качества паяных соединений камеры ЖРД [1];
- разработка технического предложения по автоматизации НК качества паяных соединений сопла камеры ЖРД;
- разработка 3D-модели автоматизированной установки ЛУЗК качества паяных соединений сопла камеры ЖРД;
- разработка алгоритмов проведения калибровки установки и измерения;
- технико-экономическое обоснование применения автоматизированной установки ЛУЗК качества паяных соединений сопла камеры ЖРД, прогнозируемый срок окупаемости создания опытного образца комплекса ЛУЗК составляет T = 5 месяцев.

Научная новизна работы состоит в разработке 3D-модели автоматизированной установки ЛУЗК качества паяных соединений сопла камеры ЖРД (рисунок), позволяющей определить основные принципиальные решения по конструкции установки. Для контроля сопла камеры был проведен анализ ее поверхности. Внутренняя поверхность сопла камеры имеет сложную форму с точки зрения геометрии формообразования, но она симметрична относительно центра и является телом вращения образующей относительно центра. Образующая задана последовательностью заданных координат. Грубо, она разбита на маленькие, относительно камеры (5–20 мм), отрезки, расположенные под разными углами к основанию сопла камеры. Таким образом, датчик должен иметь возможность касания по нормали к каждому из отрезков. Контроль должен производиться во всех точках внутренней поверхности. Движение датчика относительно камеры может осуществляться по окружности в горизонтальной плоскости, и в двух направлениях вертикальной плоскости, для изменения высоты точки контроля и радиуса сечения на

этой высоте. Таким образом, конструкция перемещения позиционирования датчика должна обладать четырьмя степенями свободы.



а б

Рисунок. Модель установки: в сборе (а); с моделью объекта контроля (б)

Достоверность полученных результатов обеспечивается согласованностью результатов исследований и их соответствием практике решения задач по разработке технических предложений и положениям теории моделирования, а также подтверждается положительными результатами разработки трехкоординатной установки контроля качества паяных соединений деталей ЖРД.

Практическая значимость работы состоит в доведении результатов выполненных исследований до разработки технического предложения, позволяющего сократить затраты ресурсов на последующих этапах создания установки (эскизное проектирование и разработка рабочей конструкторской документации).

В ходе разработки технического предложения были разработаны основные принципиальные конструктивные решения по автоматизированной установке.

Результаты работы использованы при выполнении ОКР «Ангара» [ЕРКД].

Литература

1. ГОСТ 18353-79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. – Введ. 1980-07-01. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 14 с.
2. Клюев В.В. Неразрушающий контроль. Справочник: Т. 3. – кн. 1 / Под общей редакцией В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 2005. – 850 с.

Андреев Антон Павлович
Год рождения: 1989
Факультет оптико-информационных систем и технологий, кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа 6303
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
Оптические приборы
e-mail: iscorpioi57@gmail.com, tonyaxe@mail.ru

УДК 535.317

РАСЧЕТ СВЕТОСИЛЬНОГО ОБЪЕКТИВА ДЛЯ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ СИСТЕМ

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

Введение. Успехи отечественной и зарубежной электронной промышленности в области создания высокоразрешающих устройств (ФПУ), чувствительных в средней (8–14 мкм) области спектра, вызвали у разработчиков и изготовителей тепловизионных камер потребность в объективах, качество которых соответствовало бы качеству ФПУ в инфракрасной (ИК) области. Возникла необходимость в объективах с размером пятна рассеяния, соизмеримого с размером пикселя ФПУ (20–60 мкм). В настоящее время ИК-объективы серийно выпускаются зарубежными фирмами (DIOP Inc, RAYTHEON Co., JANOS TECHNOLOGY Inc. (США), E.E.E. (Великобритания), FPS (Канада), Daiwon и Samyang (Южная Корея)).

Ужесточение требований к характеристикам объективов в сочетании с требованием получения малогабаритных систем с большим полем зрения и высокой светосилой приводит к потребности поиска новых решений и подходов к композиции оптических схем ИК-объективов. Это говорит о том, что направление данной работы является актуальным.

Постановка задачи. Цель работы явился расчет ИК-объектива, со следующими параметрами: спектральный диапазон 8–14 мкм; угловое поле в пространстве предметов (линейное поле в пространстве изображений) $2\omega = 8°–10°$ ($2y = 8–11$ мм); длина объектива – $L \le 90$ мм; концентрация энергии – $\psi(y'=0) \ge 0{,}8$, $\psi(y'=y'_{max}) \ge 0{,}7$; коэффициент передачи контраста (КПК) при частоте Найквиста $\ge 0{,}5$.

Обзор материалов и приемников излучения для тепловизионных приборов. В данной работе было принято решение рассчитывать объектив для неохлаждаемого микроболометра. Производство неохлаждаемых инфракрасных, чувствительных элементов высокотехнологичное и наукоемкое, существует всего несколько компаний, которые могут себе позволить изготовление и разработку новых инфракрасных, чувствительных элементов.

Основные технические характеристики ряда микроболометров для спектрального диапазона 8–12 мкм сведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные характеристики микроболометров

Наименование	Тип приемника	Размер пикселей, мкм	Формат матрицы	
			Пиксели	мм
MIM500X BAE Systems	Vox микроболометр	28	640×480	18×13,44
U6010 DRS Technologies	Vox микроболометр	25	640×480	4,67×2,90
UL 03 26 2 Nano384P	Аморфный кремний	25	384×288	24,2×24,2
UL 05 25 1 Pico1024E	Аморфный кремний	17	1024×768	41,2×30
UL 04 32 2 Pico640E	Аморфный кремний	17	640×480	24,13×24,13
UL 13 19 1 Nano384E	Аморфный кремний	25	384×288	32×23,5

Проектирование ИК-объективов связано с применением ограниченного количества материалов, прозрачных в области спектра $\lambda = 8–14$ мкм. Основные характеристики рассмотренных ИК-материалов сведены в табл. 2.

Таблица 2. Основные характеристики ИК-материалов

№	Материал	Показатель преломления n (10,6 мкм)	Коэффициент дисперсии $\nu_{8–14}$	Коэффициент лин. расширения +/–60 °С
1	Germanium (Ge)	4,0040	611,135	$5{,}8\times10^{-6}$
2	Gallium Arsenide (GaAs)	3,2927	61,073	$5{,}39\times10^{-6}$
3	Cadmium Telluride (CdTe)	2,6491	95,549	$4{,}5\times10^{-6}$
4	Zinc Sulfide (ZnS)	2,2008	13,028	$6{,}5\times10^{-6}$
5	Zinc Selenide (ZnSe)	2,4062	34,048	$5{,}9\times10^{-6}$
6	AMTIR-1 $Ge_{33}As_{12}Se_{55}$	2,4974	41,643	$4{,}2\times10^{-6}$

Рассмотрение прототипа. Из рассмотренных ИК-объективов производимых на ОАО «ЛОМО», наиболее полно соответствует техническому заданию трехкомпонентный объектив со следующими характеристиками: фокусное расстояние f'=57,55 мм; угловое поле 2ω=10°; относительное отверстие D/f'=1:1,2; спектральный диапазон 8–12,5 мкм. В табл. 3 приведены конструктивные параметры прототипа, а на рис. 1 – принципиальная схема прототипа.

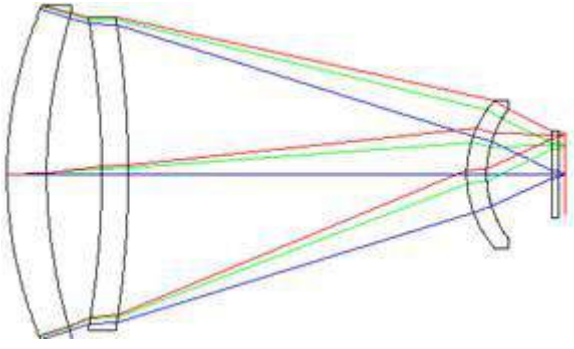


Рис. 1. Принципиальная схема объектива

Концентрация энергии для этого прототипа: $\psi(y'=0) \geq 0{,}6$, $\psi(y'=y'_{max}) \geq 0{,}45$; КПК при частоте Найквиста $\geq 0{,}4$, не удовлетворяют техническому заданию. Попытки оптимизации данного объектива не привели к значительным улучшениям показателей качества, поэтому было принято решение искать новые подходы к композиции оптических схем.

Расчет объектива. В связи с широким использованием компьютерных технологий для расчета оптических систем большое значение приобретает выбор исходной системы, поскольку методы автоматизированной коррекции основываются на методе постепенных приближений. Для ИК-систем характерно то, что они преимущественно синтезируются из тонких одиночных линз. Наиболее удобный и простой способ определения габаритных размеров системы, расположенной в воздухе, заключается в расчете параксиальных и нулевых лучей через оптическую систему, заданную оптическими силами тонких компонентов и расстояниями между ними.

Была рассчитана система из трех компонентов: с входным зрачком, совпадающим с первой линзой, предметом, находящимся на бесконечности и двумя воздушными промежутками (рис. 2).

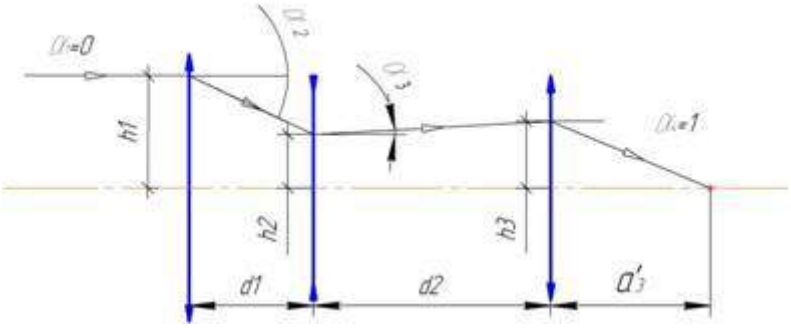


Рис. 2. Определение углов параксиального луча

Необходимо было обеспечить телецентрический ход главного луча. Для такой системы из условия нормировки, справедливо следующее: $\alpha_1=0$, $\alpha_4=1$, $h_1=1$, $h_3=a'_3=1/6$. Рекуррентные выражения для расчета параксиального луча: $\alpha_{k+1} = \alpha_k + h_k k_k$, $h_{k+1} h_k - d_k \cdot \alpha_{k+1}$.

Была составлена и решена система из трех уравнений для нахождения оптических сил (φ_1, φ_2, φ_3) с помощью пакета прикладных программ Mathcad, был получен ответ в символьном виде: $\text{otvet} := \begin{pmatrix} -\frac{d1 + 6\cdot d2 - 6}{6\cdot d1} \\ \frac{d1 + d2 - 1}{d1\cdot d2} \\ -\frac{d1 - 1}{d2} \end{pmatrix}$.

Необходимо было задать конечные значения воздушных промежутков в единицах фокусного расстояния для получения численного ответа: $d_1 = 0{,}166$ и $d_2 = 0{,}5$ соответственно. Получили: $\varphi_1 = 2{,}835$, $\varphi_2 = -4{,}002$, $\varphi_3 = 1{,}667$.

Пересчет оптических сил в фокусные расстояния производился по формуле: $f' = f'_\Sigma / \varphi$, где f'_Σ – фокусное расстояние всего объектива (60 мм); f' – фокусное расстояние оптического элемента; φ – оптическая сила элемента.

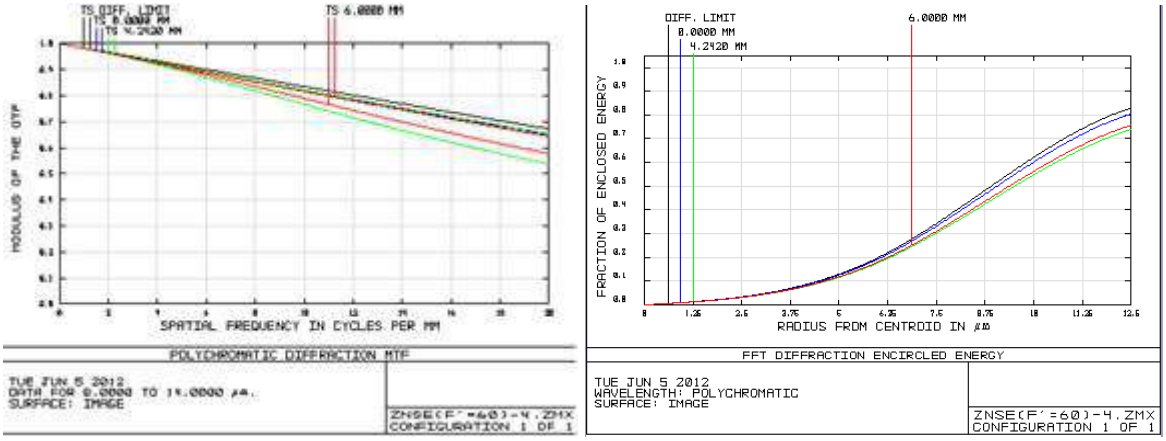
После задания исходной системы с помощью пакета программного обеспечения Zemax, была проведена оптимизация. Переменными параметрами заданы радиусы кривизны всех сферических поверхностей, воздушных промежутков и толщины линз.

Конструктивные параметры, принципиальная оптическая схема и показатели качества изображения наилучшего варианта оптимизации объектива приведены ниже.

Таблица 3. Конструктивные параметры объектива

	Surf:Type	Radius		Thickness		Glass	Semi-Diameter	Conic
OBJ	Standard	Infinity		Infinity			Infinity	0.000
STO	Standard	63.868	V	6.000		GERMANIUM	25.541	0.000
2	Standard	80.418	V	8.348	V		24.233	0.000
3	Standard	-137.133	V	4.000		ZNSE	23.617	0.000
4	Standard	-149.286	V	51.326	V		23.646	0.000
5	Standard	16.924	V	3.000		GERMANIUM	11.161	0.000
6	Standard	16.063	V	10.000			9.738	0.000
7	Standard	Infinity		1.000		GERMANIUM	6.582	0.000
8	Standard	Infinity		1.000			6.475	0.000
IMA	Standard	Infinity		-			6.022	0.000

На рис. 3 приведены частотно-контрастная характеристика и функция концентрации энергии прототипа.



а б

Рис. 3. Частотно-контрастная характеристика (а) и функция концентрация энергии (б)

Можно заметить, что значение контраста и концентрации энергии незначительно снизились после введения плоскопараллельной пластинки.

Заключение. Таким образом, был рассчитан объектив для ИК-области спектра со следующими характеристиками: фокусное расстояние f'=60 мм; угловое поле 2ω=11°; относительное отверстие D/f'=1:1,2; спектральный диапазон 8–14 мкм; концентрация энергии $\psi(y' = y'_{\max}) = 0{,}71$; коэффициент передачи контраста равен 0,55.

Литература

1. Слюсарев Г.Г. Методы расчета оптических систем. – М.: Мир, 1983. – 431 с.
2. Слюсарев Г.Г. Расчет оптических систем. – М.: Машиностроение, 1975 – 640 с.
3. Сокольский М.Н. Допуски и качество оптического изображения. – Л.: Машиностроение, 1989. – 221 с.
4. Грамматин А.П. Методы синтеза оптических систем: Учебное пособие. – СПб: СПб ГИТМО (ТУ), 2002. – 70 с.

5. Рат. 80966 РФ, МКП G02B13/14. Светосильный объектив для инфракрасной области спектра.
6. Андреев Л.Н., Панов В.А. Оптика микроскопов. – Л.: Машиностроение, 1976. – 480 с.
7. Якушенков Ю.Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов: Учебник для студентов приборостроительных специальностей вузов – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Логос, 2004. – 472 с.

Богданова Валерия Олеговна
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологий,
кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии, группа 6665
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: lerun-89@inbox.ru

УДК 34.06

МЕТОДИКА АТТЕСТАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

В.О. Богданова
Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.А. Воронцов

Практическая значимость состоит в разработке методики аттестации поверителей геодезических средств измерений, которая позволяет объективно оценивать квалификацию поверителей.

Научная новизна работы состоит в том, что разработана новая методика аттестации поверителей, причем данная методика разработана на основе современных достижений теории зрительного восприятия, метрологии и геодезического инструментоведения.

Актуальностью данной работы явилась разработка методики, которая позволяет объективно определять квалификацию поверителей.

Движениям глаз принадлежит исключительное место в деятельности человека: благодаря непосредственной связи с ведущим дистантрецептором – зрением, они включены в процессы отражения внешнего мира и в управление поведением.

Окулография – сравнительно молодая область знания и практики, занимающаяся разработкой средств и процедур регистрации (измерения) движений глаз. Она имеет междисциплинарный характер, обслуживая комплекс наук, изучающих ориентировку индивида в среде и организацию форм его активности (психологию, физиологию, кибернетику, механику и др.). В рамках психологии методы окулографии используются при анализе процессов зрительного восприятия, внимания, представления, наглядно-действенного мышления, координации движений и регуляции деятельности. При этом они выступают не только как средство исследования, но и как средство диагностики и обучения [1].

Окулография используется в научных исследованиях, а также в промышленности. Смысл исследования заключается в анализе движения взгляда и зон визуальной фокализации, на которых концентрируется взгляд. Анализ осуществляется на основе показаний специального прибора – окулографа (айтрекера) [2].

В последние годы все большей популярностью пользуются всевозможные альтернативные способы управления электронными устройствами, в частности, компьютером, популярностью компьютерных игр, а также развитие технологий для людей с ограниченными возможностями. Одна из таких альтернатив – это интерфейс «глаз-компьютер».

Сильной стороной данного подхода является то, что управление глазами происходит быстрее, чем традиционное управление мышью: перед тем, как переместить мышь в какую-либо область экрана, пользователь смотрит на эту область. Системы распознавания движений глаз находят широкое применение в различных областях: от медицинской диагностики до эргономики и маркетинговых исследований.

Окулографический показатель выступает как самостоятельный предмет исследования, и как составляющая при изучении субъекта в деятельности. Амплитуду движения глаз определяют в угловых градусах. Существует восемь основных движений глаз. Три движения тремор (мелкие частые колебания), дрейф (медленное плавное перемещение глаз, прерываемое микроскачками) и микросаккады (быстрые движения с большей амплитудой, чем при треморе). Их относят к микродвижениям, направленным на сохранение местоположения глаз в орбите. Из макродвижений, связанных с изменением местоположения глаз в орбите, наибольший интерес в психофизиологическом эксперименте представляют макросаккады, которые прослеживают движения глаз. Макросаккады отражают обычно произвольные, быстрые и точные смещения взора с одной точки на другую, например, при рассматривании картины, при быстрых движениях руки и т.д. Их амплитуда варьируется от 40 до 60 угловых градусов.

Прослеживающие движения глаз – плавные перемещения глаз при отслеживании перемещающегося объекта в поле зрения. Амплитуда прослеживающих движений ограничивается пределами моторного поля глаза (±60 угловых градусов по вертикали). В основном прослеживающие движения носят непроизвольный характер.

Окуломоторная активность является необходимым компонентом психических процессов, связанных с получением, преобразованием и использованием зрительной информации, а также состояний и деятельности человека. В связи с этим, регистрируя и анализируя движения глаз, исследователь получает «выход» на скрытые (внутренние) способы активности, которые обычно протекают в свернутой форме исключительно быстро и неосознанно. Как показывают исследования, по характеру движений глаз можно определить: направленность взора и динамику оперативного поля зрения; стратегии прослеживания движущегося объекта и сканирования воспринимаемых сцен; информационную сложность объекта и точность фиксации его элементов; зоны поиска и «проигрывания» вариантов решения наглядно-действенных задач; структурные единицы деятельности и уровень сформированного действия; состояния сознания; уровень развития зрительных функций на разных стадиях онтогенеза; эффективность решения оперативных задач и исполнения отдельных этапов практической деятельности; деструкции познавательных процессов человека и др. В отличие от самоотчета или наблюдения за движениями глаз, окулография дает не только непрерывную, достоверную, детализированную, но и качественную информацию об изучаемых явлениях. Это один из наиболее чувствительных индикаторов динамики познавательного процесса и форм взаимодействия человека с окружающим миром.

Несмотря на кажущуюся простоту и однозначность, связь познавательных процессов и деятельности с окуломоторной активностью является исключительно сложной, многократно опосредствованной и изменчивой.

Данная проблема выступает как комплексная, объединяющая представителей разных специальностей (психологов, физиологов, инженеров, программистов, оптиков,

медиков и искусствоведов). По своему научно-практическому потенциалу это «точка роста» нового знания и исследовательских технологий [3].

В работе изложена методика аттестации поверителей (погрешность зрительного анализатора) геодезических средств измерений. В качестве средства измерения был взят теодолит 3Т2КА. Теодолит применяется для измерения углов как обычным, так и автоколлимационным методом, в промышленности при монтаже элементов и конструкций оборудования, в строительстве промышленных сооружений.

Оценка погрешности наведения. Средняя квадратическая ошибка наведения при измерении вертикального угла:

$$\Omega_{\text{вер}} = \pm\sqrt{\frac{\Sigma[\delta^2]}{n-1}}.$$

Средняя квадратическая ошибка наведения при измерении горизонтального угла:

$$\Omega_{\text{гор}} = \pm\sqrt{\frac{\Sigma[\delta^2]}{n-1}},$$

где Ω – средняя квадратическая ошибка; n – число приемов; $[\delta^2]$ – сумма квадратов вероятных ошибок.

Деятельность по обеспечению единства измерений направлена на содействие экономическому и социальному развитию страны путем защиты от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений во всех сферах жизни общества на основе конституционных норм, законов, постановлений Правительства Российской Федерации и нормативных постановлений.

Основным результатом магистерской диссертации является разработанная новая методика аттестации поверителей геодезических средств измерений. Методика позволяет объективно определять квалификацию поверителей, объективно оценить профессиональные качества поверителя, тем самым повышается качество поверки. Это, в свою очередь, является важнейшей составляющей обеспечения единства измерений. Методика может быть использована как при первичной или периодической аттестации поверителя, так и непосредственно при проведении поверки средств измерений.

Методика позволяет оценить психофизиологические качества, учитывая погрешность наведения. Это необходимо, чтобы сделать поверку более точной, так как все чаще появляется необходимость высокоточных работ, таких как геодезический контроль пространственного положения элементов конструкций строящихся и эксплуатируемых сооружений, конструкция строящихся зданий и сооружений, геодезические работы по слежению за подвижками почвы, по слежению за осадкой зданий и сооружений и многие другие.

В заключение работы можно сделать следующие выводы: проведен анализ существующей нормативной документации, выполнен анализ структуры и работы зрительной системы, была рассмотрена работа зрительной системы в пороговых условиях, выполнен анализ технических средств для профессиональной аттестации поверителей.

Литература

1. Методы окулографии в исследовании познавательных процессов и деятельности – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.koob.ru, своб.
2. Окулографические исследования: что может рассказать взгляд – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://habrahabr.ru/company/alee/blog/118398/, своб.

3. Барабанщиков В.А., Лилад М.М. Методы окулографии в исследовании познавательных процессов и деятельности. – М.: Институт психологии РАН, 2004. – 88 с.

Варфоломеева Марина Михайловна
Год рождения: 1988
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга, группа 6212
Направление подготовки:
223200 Техническая физика
e-mail: varfolomeevamarina@gmail.com, mmv@ldt.ru

УДК 536.531:531.787:532.574

АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ КОЛЕБАНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ДЫХАНИИ ЧЕЛОВЕКА

М.М. Варфоломеева
Научный руководитель – д.т.н., профессор Г.Н. Лукьянов

Введение. Каждый человек уникален и является сложной структурой, подверженной сильному влиянию извне, которое не всегда является благотворным. Лечение тоже вторжение в эту систему. Последние годы наблюдается тенденция не просто вылечить больную часть тела, но и не навредить остальному организму.

По этой причине медицине требуются новые приборы и методы диагностики, направленные на предупреждение и своевременное лечение таких заболеваний.

Приборы и системы для диагностирования должны обладать возможностью обработки данных, полученных от конкретного пациента, их классификации на основе математических моделей и постановки диагноза.

Основные результаты. Одним из таких приборов можно назвать риноманометр, разработанный на кафедре компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга (КТФиЭМ) Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики. Он позволяет оценивать носовое дыхание по изменению температуры вдыхаемого и выдыхаемого воздуха.

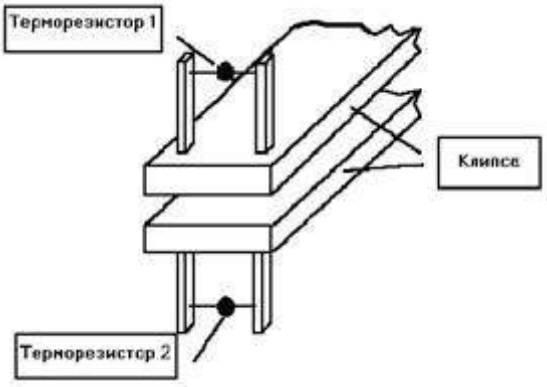


Рис. 1. Конструкция клипсы

На кафедре КТФиЭМ был разработан многоканальный ринологический прибор, позволяющий измерять параметры дыхания (температуру) непосредственно в полости носа,

в обеих его половинках, не искажая естественное дыхание человека. Прибор был реализован на основе методов полупроводниковой термометрии и термоанемометрии. Диагностический элемент прибора – клипса миниатюрных размеров, располагается на перегородке носа, внутри его полостей (рис. 1). На внешней поверхности правой и левой половинок клипсы находятся датчики, регистрирующие температуру на входе (выходе) в нос. Температура воздуха за время вдоха и выдоха изменяется от температуры окружающей среды до температуры тела человека, т.е. 36,6°С. Для измерения температуры использованы терморезисторы СТ1-18, отградуированные в диапазоне 20–40°С.

Сигналы с датчиков поступают на блок масштабирующих усилителей, которые через интерфейсную плату связаны с компьютером. На мониторе в удобной для просмотра графической форме отображается характер колебания температуры в носовой полости [3].

Кратко поясним, что такое вейвлет-преобразование и почему оно оказывается необходимым, когда есть такие хорошо известные методы, как преобразование Фурье.

Преобразование Фурье обладает существенным недостатком: базисные функции такого разложения – множество синусов и косинусов различных частот, которые отличны от нуля на всей числовой прямой. Это приводит к двум основным недостаткам при анализе сигналов:

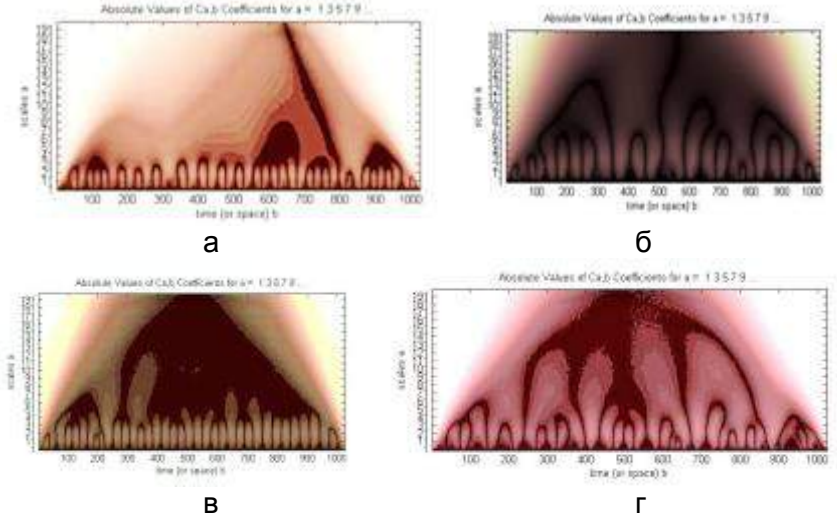
– для получения информации даже об одной частоте требуется вся временная информация, т.е. даже будущее поведение сигнала должно быть заранее известно;
– большинство реальных сигналов нестационарно и пики во временной области сигнала дают вклад во всю частотную область.

Эффективность вейвлет-анализа в сравнении с преобразованием Фурье объясняется большей информативностью, предоставляющей исследователям дополнительную степень свободы для анализа в виде возможности видеть разложение сигналов по компактным базисным функциям не только при различных масштабах (частотах), но и при различных сдвигах по времени, что позволяет локализовать временные особенности сигнала [1, 2, 5].

В ходе эксперимента было исследовано несколько контрольных групп, таких как:

– пациенты с вазомоторным ринитом;
– пациенты с искривлением перегородки разной степени тяжести;
– пациенты с синуситом либо гайморитом;
– контрольная группа здоровых пациентов и пациентов на стадии выздоровления.

Представим результаты проведенного вейвлет-преобразования в зависимости от контрольной группы исследуемых пациентов [4] (рис. 2, а–г).



а б в г

Рис. 2. Здоровые обследуемые (а); с вазомоторным ринитом (б); с искривлением перегородки (в); с синуситом (г)

Заключение.

1. Выполненный анализ экспериментальных данных позволил сформулировать признаки различных заболеваний на основе колебаний температуры воздуха на выдохе.
2. Разработанный сенсор в сочетании с приведенными методами обработки данных измерений резко упрощает обработку и повышает наглядность представления информации для врача.
3. Полученные отличительные особенности, конечно, не могут служить единственным способом диагностирования заболевания носовой полости, однако в спорных и сложных ситуациях могут быть использованы для определения варианта лечения пациента.
4. Вейвлет-анализ может привязать частоту ко времени и помочь выявить дополнительные особенности процесса.
5. Только комплексное оценивание подобных сигналов может быть использовано в диагностике. Такие методы имеют большие перспективы для постановки диагноза пациентам, которым противопоказаны исследования классическими методами.

Литература

1. Добеши И. Десять лекций о вейвлетах. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 464 с.
2. Жарких А.А., Квашенко В.А. Сравнение точности представления гауссовых вейвлетов различных порядков // Вестник МГТУ. – 2009. – Т. 12. – № 2. – С. 218–223.
3. Рассадина А.А. Измерения и анализ флуктуаций температуры, скорости и давления в каналах нерегулярной формы: Дис. … канд. техн. наук. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2007.
4. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 304 с.
5. Шитов А.Б. Разработка численных методов и программ, связанных с применением вейвлет-анализа для моделирования и обработки экспериментальных данных: Дис. … канд. физ-мат. наук. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2004. – 125 с.
6. Infomedical / Медицинский портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://infomedical.ru, своб.
7. Библиофонд / Библиотека научной и студенческой информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://bibliofond.ru, своб.
8. Единое окно / Единое окно доступа к образовательным ресурсам; 2005–2012. ФГАУ ГНИИ ИТТ «Информика»; 2005–2010 Министерство образования и науки РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://window.edu.ru, своб.

Военнов Алексей Викторович
Год рождения: 1987
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа 6303
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
Оптические приборы
e-mail: iscorpioi57@gmail.com

УДК 681.7.07

РАСЧЕТ ОПТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ОПТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

А.В. Военнов
Научный руководитель – ст. преподаватель С.И. Кучер

Введение. В настоящее время весьма актуальна экологическая проблема. Будь то аварии с выбросом химических веществ, лесные пожары, извержения вулканов или крупные разливы нефти – все это нуждается в быстрой и качественной оценки ситуации и последующем принятии решений. Наиболее перспективной в данной области, является технология получения и обработки информации об удаленных объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления отражения света и его рассеивания в прозрачных и полупрозрачных средах.

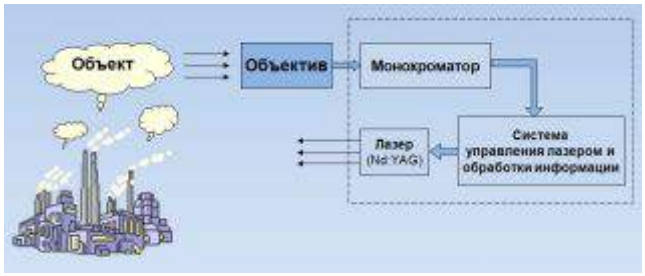


Рис. 1. Функциональная схема измерительного комплекса

На рис. 1 представлена функциональная схема измерительного комплекса. Лазер, согласованный с системой управления, излучает поток частиц в ближней инфракрасной (ИК) области спектра на исследуемый объект. Далее лучи, отраженные от объекта, улавливаются объективом, после чего они преобразуется монохроматором, и анализируются системой обработки информации. Такие измерительные комплексы могут быть установлены в небольшой фургон или прицеп, что делает их мобильными и существенно расширяет круг изучаемых областей.

Постановка задачи. Задачей данной работы являлся расчет оптической схемы и разработка конструкции зеркального объектива с афокальным компенсатором, входящим в комплекс аппаратуры для контроля загрязнения окружающей среды.

Исходные данные:

- габаритные размеры объектива не более 2000×900 мм;
- радиус кружка рассеяния не более 0,15 мм;
- угол поля зрения объектива не более 1°;
- объектив работает с монохроматором, ширина щели которого составляет 1±0,1 мм;

– объектив должен предусматривать возможность фокусировки на предмет, расположенный в диапазоне от 100 м до бесконечности.

Расчет зеркального объектива. Для решения данной задачи наиболее подходила оптическая система Кассегрена с афокальным компенсатором, предложенная Чуриловским. Габаритный расчет оптической системы осуществлялся по формулам, приведенным Чуриловским в одном из своих трудов. Так, в ходе расчета, фокусное расстояние составило 4928 мм, относительное отверстие 1:8, угловое поле – 1°.

Далее был проведен аберрационный расчет зеркал и компенсатора, а также фокусировки системы, в котором были получены значения положения компенсатора при фокусировке на расстояние 100 м и на бесконечность. Параметры системы приведены в таблице, где при $S = -\infty$, d_2^*=1237 мм, а при $S = -100$ м, d_2^*=1391 мм, Δd_2=154 мм.

Таблица. Параметры системы

№ пов.	Радиусы кривизны	Осевые расст.	Световые диаметры	Марки стекол	Показат. прелом.
				Воздух	1,0
1	–3945,00	–1342,80	600,0	Воздух	–1,0
2	–2128,00	d_2*	192,0	Воздух	1,0
3	–96,60	5,74	36,0	К8	1,5183
4	–169,04	4,88	36,2	Воздух	1,0
5	186,64	5,74	36,0	К8	1,5183
6	1009,30		35,4	Воздух	1,0

Значения аберраций составили: продольная сферическая аберрация $\Delta S'$=0,15 мм, неизопланатизм η=3,53 %, что вполне удовлетворяет поставленным условиям.

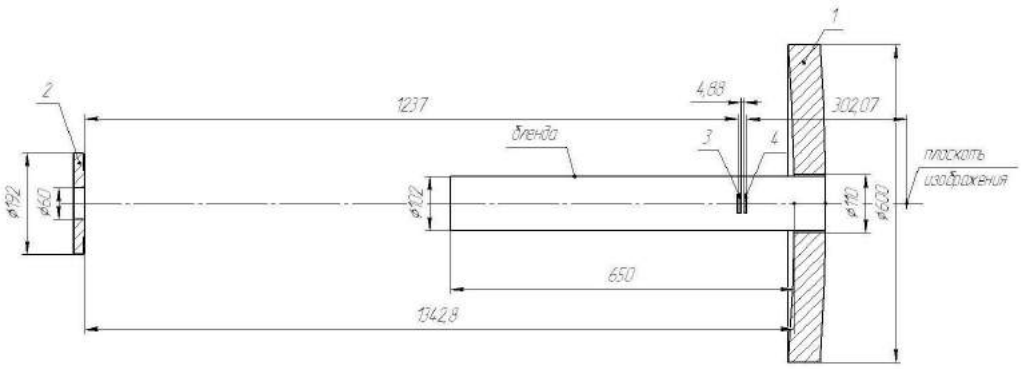


Рис. 2. Оптическая схема зеркально-линзового объектива

На рис. 2 представлена оптическая схема зеркально-линзового объектива. Он представляет собой два сферических металлостеклянных зеркала (1, 2) и линзовый компенсатор (3, 4), который состоит из двух отрицательных менисков. Для предотвращения паразитной засветки используется бленда в виде трубки. Расчет бленды осуществлялся вместе с габаритным расчетом оптической системы. В ходе габаритных расчетов диаметр большого зеркала составил 600 мм, малого 192 мм, размер бленды 102 мм в диаметре и 650 мм в длину. Длина всей оптической системы составляет 1555,4 мм. Коэффициент экранирования большого зеркала малым, составил 0,32.

Выбор материала зеркал и расчет радиального облегчения. Выбор материала для зеркал пал на металлостеклянные зеркала, так как они обладают свойствами стеклянных и металлических зеркал. Как стеклянные, – они удовлетворяют требованиям хорошей полируемости и обеспечивают получение высокого качества и чистоты поверхности; как металлические, – значительно легче стеклянных, так как не нуждаются в оправах и компенсационных приспособлениях, обладают высокой термостойкостью и механической прочностью при резких перепадах температур. Производство металлостеклянных зеркал осуществляется спеканием металлической заготовки с тонким слоем стекла.

Материалом для заготовок обоих зеркал был выбран сплав алюминия САС-1-400 с плотностью ρ=2,7 г/см^3. Отношение толщины зеркала к его диаметру для алюминиевых сплавов составляет 1:8, так для главного зеркала толщина составила 75 мм, а для вторичного зеркала – 24 мм.

Наиболее важной особенностью обладает примененный метод радиального облегчения, предложенный Никитиным. Он заключается в высверливании в заготовке глухих цилиндрических отверстий с нерабочей стороны зеркала. По приведенным Никитиным формулам, в одном из своих трудов, был проведен расчет радиального облегчения.

При расчете массы заготовок зеркал получились следующие значения:

– вес 1-го зеркала без облегчения составил – 55,6 кг, применив метод радиального облегчения, вес снизился до 17,2 кг, таким образом, зеркало потеряло в весе почти 70%;
– вес 2-го зеркала без облегчения составил – 1,7 кг, а с радиальным облегчением уменьшился до 0,65 кг, снижение массы составило 61,7%.

Автоматизированная система фокусировки. В процессе конструирования было решено отказаться от использования ручной фокусировки и заменить ее автоматизированной, что позволит в итоге оператору проводить измерения удаленно.

Для этой цели необходимо было установить шаговый двигатель, основным достоинством которого является возможность поворачивать ось на строго определенный угол, программируемый блок управления шаговым двигателем для подключения двигателя к компьютеру, а также шарико-винтовую передачу, позволяющую существенно повысить точность и плавность хода линзового компенсатора.

Все это вместе позволит управлять фокусировкой непосредственно с компьютера, а также проводить измерения с дискретной автоматической фокусировкой, когда объектив поэтапно фокусируется на заданные оператором расстояния.

Система крепления малого зеркала заключается в расположении его на внутренней оправе, при вращении которой может осуществляться продольная юстировка, а при вращении дифференциальных винтов регулируется наклон зеркала. Такой же возможностью юстировки обладает и главное зеркало.

Конструкция объектива выполнена в виде открытой фермы. Труба делается из трех частей, соединенных штангами. Передняя и задняя части трубы делаются обычно в виде круглых колец. Средняя часть – в форме прямоугольного жесткого короба, называемой средником. Штанги вместе со средником образуют треугольники. Они обеспечивают жесткость трубы так, что неизбежные деформации приводят к равным величинам провисаний концов трубы. Данная конструкция исключает взаимные наклоны главного и вторичного зеркал при провисании.

Также в конструкции предусмотрена защита главного зеркала от попадания на рабочую поверхность различных частиц при транспортировке и хранении. Помимо

этого объектив может комплектоваться защитным чехлом, позволяющим проводить измерения в неблагоприятную погоду.

Заключение. В данной работе был проведен расчет и разработка конструкции зеркально-линзового объектива:

- габаритные размеры объектива составили 1530×890 мм;
- радиус кружка рассеяния не превышает 0,15 мм;
- угол поля зрения объектива – 1°;
- весь пучок света собирается в щель монохроматора;
- аберрационным расчетом и разработкой конструкции предусмотрена возможность фокусировки объектива в диапазоне от 100 м до бесконечности за счет автоматизированного перемещения компенсатора;
- в конструкцию зеркал заложен метод, позволяющий значительно уменьшить их массу;
- предусмотрено выполнение юстировочных операций объектива.

Литература

1. Михельсон Н.Н. Оптические телескопы. Теория и конструкция. – М.: Наука, 1976. – 512 с.
2. Чуриловский В.Н. Теория оптических приборов. – Л.: Машиностроение, 1966. – 564 с.
3. Слюсарев Г.Г. Методы расчета оптических систем. – Л.: Машиностроение, 1969. – 672 с.
4. Попов Г.М. Современная астрономическая оптика. – М.: Наука, 1988. – 192 с.
5. Михельсон Н.Н. Оптика астрономических телескопов и методы ее расчета. – М.: Физико-математическая литература, 1995. – 384 с.
6. Максутов Д.Д. Астрономическая оптика. – Л.: Наука, 1979. – 395 с.
7. Михеечев В.С. Практикум по курсу «Геодезические приборы». – М.: Недра, 1974. – 160 с.
8. Никитин С.М. Особенности конструкции облегченных металлостеклянных зеркал: труды ЛИТМО // Оптическое приборостроение. Сборник научных трудов. – Л., 1980.
9. Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Лидар, своб.
10. Telescopes.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.telescopes.ru/articles/article7.phtml, своб.
11. Обнинская фотоника. Лидары [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eridan.mega.ru/lidar_r.htm, своб.
12. Компания «НПФ Электропривод» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.electroprivod.ru, своб.

Гасанов Давид Микаилович
Год рождения: 1988
Факультет точной механики и технологий, кафедра технологии приборостроения, группа 6655
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: kenangas@mail.ru

УДК 67.02

ОПТИМИЗАЦИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОСОБО ТОНКИХ И ПРОЧНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБОК ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МЕДИЦИНСКИХ КРИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Д.М. Гасанов
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Валетов

В национальных программах Правительства Российской Федерации предусматривается разработка и увеличение выпуска приборов вообще и для медицинской отрасли в частности. Особую роль играют заготовительные технологии, главная задача которых предельно снизить расход материалов, обеспечивая при этом повышение точности и производительности производства приборов. В медицинском приборостроении широко используется для изготовления заготовок продукция прокатного производства, требования к габаритам, геометрической точности, и другим показателям качества которой постоянно ужесточаются. Особое внимание следует уделять наращиванию мощностей по производству тонкостенных труб и экономичных профилей из цветных металлов и сплавов и различных марок сталей, которые находят широкое применение в медицинской промышленности и других отраслях народного хозяйства. При этом рост производства должен быть обеспечен, прежде всего, за счет повышения его эффективности и более полного использования внутрихозяйственных резервов на базе совершенствования структуры производства, ускорения темпов роста производительности труда, более эффективного использования производственных мощностей и основных фондов, улучшения сырья, материалов, экономии топлива, электрической и тепловой энергии.

Развитие криомедицины идет по пути уменьшения наружного диаметра и увеличения функциональных возможностей. Это достигается за счет увеличения размеров внутренних коммуникаций и повышения точности их изготовления, перехода на современные технологии обработки и формообразования [1]. Важным аспектом конкурентной борьбы является снижение себестоимости за счет повышения технологичности конструкции и поиска новых технологий. К таким технологиям относится производство тонкостенных особоточных труб.

Потребность в особоточных трубах при производстве криозондов трудно переоценить. Номенклатура достаточно велика. Требования, предъявляемые к точности труб, варьируются в зависимости от потенциального назначения деталей, для изготовления которых они предназначены, но в конечном итоге, точнее, чем с допуском на диаметр порядка 0,02 мм. В первую очередь, это связано с ограниченными габаритными размерами криотерапевтических приборов, что, в свою очередь, зависит от физиологических параметров человека и предусмотренного назначения прибора. Это относиться ко всем узлам, но особенно актуально для вводимой части. Каждый следующий год предъявляет все более жесткие требования к наружному диаметру и функциональным возможностям прибора. На сегодняшний день требования, предъявляемые к точности изготовления подавляющего числа комплектующих,

сопоставимы с точностями в часовой промышленности, возможности которой также часто востребованы. Применение особо точных труб, допуски которых могут достигать значений в 0,005 мм, гарантировано обеспечивает требуемую точность, обусловленную размерами встречных элементов; ограничения по наружным размерам, при ограничении минимального внутреннего размера; снижает загрузку высокоточного оборудования, что, в конечном счете, позволяет снизить себестоимость изделия.

Из выше изложенного становится очевидной актуальность усовершенствования технологии производства труб для медицинского приборостроения.

В ходе данной работы было выполнено:

- исследование вариантов технологии и изготовления трубок;
- выбран вариант технологического процесса, показавшего наилучшие результаты из рассмотренных;
- проведено проектирование и расчет технологического инструмента стана 2ХПТР 6-15;
- проведена модернизация прокатного оборудования;
- для получения особо точных трубок разработано специальное приспособление для шлифовки цилиндрической поверхности клина.

Литература

1. http://cryo.spb.ru/ – официальный сайт ООО «Международный институт криомедицины».

Горшков Александр Владимирович
Год рождения: 1989
Факультет оптико-информационных систем и технологий, кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа 6301
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
Компьютерная оптика
e-mail: gorshkov.itmo@gmail.com

УДК 535.317

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ОСВЕЩЕНИЯ ФОТОЛИТОГРАФИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗАДАННОГО ПРЕДМЕТА

А.В. Горшков
Научный руководитель – к.т.н., доцент Т.В. Иванова

Введение. Основным этапом процесса производства современных микросхем является фотолитография – перенос топографической картины шаблона на поверхность полупроводниковой пластины.

Для повышения качества процесса фотолитографической проекции используются различные способы уменьшения минимального размера элементов и увеличения глубины резкости при неизменных длине волны и числовой апертуре. Одним из способов повышения разрешающей способности является также специальный подбор формы источника освещения для достижения наилучшего качества для конкретного предмета. В данной работе рассмотрен поиск оптимальной формы источника излучения

фотолитографической установки для заданного предмета, а также для группы предметов.

Постановка задачи и ее реализация. Современная установка для фотолитографии состоит из следующих основных компонентов: источник освещения (лазер), осветительная система, фотошаблон, проекционный объектив, полупроводниковая пластина с фоторезистом. Освещение шаблона осуществляется по схеме Келера. Поле, излучаемое источником, распространяется через осветительную систему, которая строит изображение источника в плоскости зрачка проекционного объектива. Между осветительной системой и проекционным объективом помещается фотошаблон, на элементах которого проходящий свет претерпевает дифракцию. Дифрагированное поле преобразуется проекционным объективом, и на поверхности фоторезиста образуется так называемое «воздушное» изображение, а внутри слоя фоторезиста – «скрытое» изображение.

Картина, образованная распределением яркости после прохождения излучения через осветительную систему и локализующаяся во входном зрачке проекционной системы, называется «эффективным источником» излучения. Для того, чтобы оценить влияние формы источника на качество фотолитографического изображения, необходимо построить карту уровней источника, т.е. схематическое изображение источника излучения, на котором показано (цветами или другим способом) расположение зон, различающихся по степени влияния на качество фотолитографического изображения. Карта уровней источника излучения индивидуальна для каждого предмета. По этой причине, исходя из расположения зон влияния на карте уровней, можно судить об оптимальной форме источника только для одного предмета (рисунок).

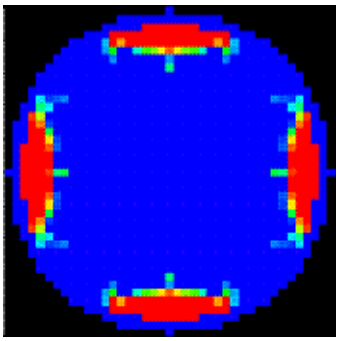


Рисунок. Карта уровней источника излучения

Для построения карты уровней источника необходимо определить параметр, по которому будет определяться характер влияния точки источника на фотолитографическое изображение. Назовем этот параметр критерием качества изображения. В качестве такого критерия качества в данной работе использовалась «крутизна» изображения – угол между касательной к распределению интенсивности изображения во взятом сечении и осью X.

В случае если требуется подобрать источник для группы схожих предметов, нужно получить карты уровней для всех предметов, входящих в эту группу. Далее эти карты необходимо обработать так, чтобы результат этой обработки давал удовлетворительное качество изображения для каждого предмета из группы. Для этого может использоваться оптимизация по форме источника излучения.

Постановка задачи. Цель работы – поиск оптимальной формы источника излучения фотолитографической установки для заданного предмета.

Задачи:

1. получить распределение комплексных амплитуд в плоскости изображения от каждой точки источника;
2. обработать полученные данные и построить карту уровней влияния точек источника;
3. с учетом полученной карты влияния провести оптимизацию по форме источника для группы предметов.

Для того чтобы построить карту уровней источника, необходимо:

1. представить источник в виде совокупности отдельных светящихся точек, некогерентных между собой;
2. для каждой отдельной точки источника получить воздушное фотолитографическое изображение;
3. по полученному изображению от одной точки источника вычисляется значение критерия качества и записывается в соответствующую точку на карте уровней.

Часто необходимо подобрать оптимальный источник излучения для группы схожих предметов. Для того чтобы это сделать, нужно провести оптимизацию формы источника. Чтобы начать оптимизацию источника излучения по форме, необходимо сначала получить карты уровней от всех объектов, входящих в группу для оптимизации. После этого каждая карта уровней проходит процедуру бинаризации, т.е. в выборке, представляющей карту уровней, остаются только значения «0» и «1». Затем бинарные карты уровней нужно объединить в одну, которая и будет оптимизироваться. Объединение карт уровней происходит посредством использования логического оператора «ИЛИ». Далее на объединенной карте уровней выделяются «зоны влияния», т.е. участки выборки, заполненные единицами с окружающей их небольшой областью.

После этого зона влияния разбивается на несколько участков, затем в одном из этих участков происходит случайное изменение значений точек. Далее полученная карта уровней принимается за оптимальный источник, и с ним строится изображение от всех предметов группы. По каждому изображению вычисляется критерий качества, и если он превышает заданное пороговое значение, то комбинация значений в данном участке зоны влияния сохраняется, если нет – изменение значений производится до тех пор, пока условие не будет выполнено (таблица).

Таблица. «Крутизна» изображения для различных предметов и источников

Предмет/источник	Предмет №1 Ширина 60 нм, Период 120 нм	Предмет №2 ширина 80 нм период 160 нм	Предмет №3 ширина 100 нм период 200 нм
Оптимальный источник для предмета №1	75°	41°	39°
Оптимальный источник для предмета №2	39°	78°	37°
Оптимальный источник для предмета №3	35°	33°	72°
Оптимальный источник для группы предметов	61°	66°	70°

Итоговый оптимизированный источник дал хорошие результаты для всех указанных предметов, в то время как источники, подобранные для одного предмета, дали хорошие результаты только для одного предмета, а для остальных предметов угол значительно меньше. Анализ результатов показал, что вывести зависимость между параметрами предмета и формой источника, которая будет оптимальна для этого предмета, не представляется возможным.

Такой вывод можно сделать на основании того, что даже для таких предметов, как периодические решетки с несильно отличающимися параметрами, источники дают

хоть и схожие, но все же отличающиеся карты уровней источников. Изображение, полученное различными комбинациями предмет/источник, исключая вариант комбинации предмета со «своим» источником, резко отличается по критерию качества от изображения от «своего» или от оптимального источника.

Из вышеописанного следует, что оптимизация источника по его форме для группы схожих предметов дала положительный результат и является необходимой частью процесса получения параметров реальной фотолитографической установки для решения конкретной задачи.

Заключение. На основе метода интегрирования по источнику построена скалярная модель формирования фотолитографического изображения и было получено распределение комплексных амплитуд в плоскости изображения от каждой точки источника.

На основании изложенной в работе математической модели была разработана программа для построения карты уровней источника и оптимизации формы источника. Таким образом, были решены поставленные задачи – моделирование процесса формирования фотолитографического изображения, построение карты уровней источника освещения на основе полученного изображения и оптимизация формы источника для группы схожих предметов.

Литература

1. Домненко В.М., Бурсов М.В. Моделирование формирования оптического изображения. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2005. – 125 с.
2. Flagello Donis G., Socha Robert, Shi Xuelong, Schoot Jan van, Baselmans Jan. Optimizing and Enhancing Optical Systems to Meet the Low k_1 Challenge // SPIE PRESS. Optical Microlithography XVI. – 2003. – V. 5040. – P. 139–150.
3. Zhang Gary, Hansen Steve. Illumination Source Mapping and Optimization with Resist Based Process Metrics for Low k_1 Imaging. SPIE PRESS // Optical Microlithography XVII. – 2004. – V. 5377. – P. 369–380.
4. Chris A. Mack. Field Guide to Optical Lithography // SPIE Field Guide Series. – Bellingham. WA., 2006. – V. FG06.

Демкович Наталия Александровна
Год рождения: 1990
Факультет точной механики и технологий,
кафедра технологии приборостроения, группа 6659
Направление:
200100 Приборостроение
e-mail: w84u@bk.ru

УДК 681.2:621-034

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ТОЧНОСТЬ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

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

Лазерные технологии находят широкое применение в машиностроении и в приборостроении. Они позволяют повысить качество обработки материалов, увеличить производительность труда, улучшить технико-экономические показатели производственных процессов. Одним из возможных применений лазерных технологий на производстве является резка металлов.

Данная работа выполнялась на базе приборостроительного предприятия, одним из направлений деятельности которого, является производство волноводных систем. На предприятии требовалось перевести детали волноводов из тонколистового материала (Лента ДПРНТ 0,12 НД БрБ2 ГОСТ 1789-70) на изготовление методом лазерной резки, подобрать и обосновать режимы резания, обеспечить эффективную работу оборудования и полное использование его мощностей.

Анализ литературы [1] по данному вопросу позволил получить представление о теоретических основах и принципах работы лазерного оборудования, что, в свою очередь, дало возможность определить факторы, влияющие на качество лазерной обработки. Однако в литературе, как правило, в качестве оборудования для лазерной резки рассматриваются мощные лазерные комплексы с дополнительной функцией подачи воздуха или воды в зону резания.

В лазерном комплексе, который использовался при проведении исследований в рамках данной работы, использовался маломощный волоконный лазер, предназначенный производителем для маркирования поверхностей. На предприятии, однако, предполагалось его применение для изготовления деталей типа «Прокладка контактная» методом лазерной резки. Следовательно, в работе требовалось учитывать отсутствие систем подачи газа для удаления расплавленного и испаренного материала из зоны обработки при резании металла и, соответственно, затрудненный отвод тепла в процессе обработки, а также затрудненный отвод жидкой фазы, что приводило к спаиванию по резу.

В процессе работы была построена математическая модель получения изображения на лазерном комплексе [2]. На ее основе был предложен параметрический метод разработки управляющих программ, описано его практическое применение при настройке оборудования.

Экспериментально были подобраны оптимальные режимы обработки, удовлетворяющие требованиям точности, эргономичности, времени обработки и стабильности, а также применимые в реальных производственных условиях на предприятии.

В ходе работы была выявлена связь между точностью обработки и насыщенностью конструктивными элементами и объяснены полученные результаты.

Также были даны рекомендации по корректировке режимов резания в зависимости от сложности детали.

Наконец, был модернизирован и подготовлен к внедрению на производстве технологический процесс изготовления детали «Прокладка контактная».

В настоящее время результаты работы успешно внедрены на производстве, детали типа «Прокладка контактная» изготавливаются по новому технологическому процессу, разработанному в соответствии с рекомендациями, приведенными в работе.

Результаты работы могут быть использованы на других приборостроительных предприятиях, решающих сходные задачи.

В дальнейшем деформации тонколистовых деталей в процессе обработки лазерным методом могут быть более глубоко исследованы с помощью систем инженерного анализа.

Литература

1. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки: Учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 635 с.
2. Киселев И.А. Демкович Н.А. Точная лазерная обработка без сложной настройки // XLI научная и учебно-методическая конференция. – 2012. (принято в печать).

Дроздков Андрей Николаевич
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологий, кафедра технологии приборостроения, группа 6659
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: andrey.drozdkov@gmail.com

УДК 658.5.011

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ

А.Н. Дроздков
Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.И. Яблочников

Современное состояние предприятий машино- и приборостроения характеризуется устойчивой тенденцией усложнения выпускаемой продукции наряду с увеличением номенклатуры и уменьшением серийности производства. Это ведет к значительному увеличению объемов и сроков выполнения работ в сфере конструкторско-технологической подготовки производства. Необходимость реализации требований рыночной экономики заставляет предприятия постоянно улучшать потребительские свойства и качество изделий при максимальном сокращении сроков их выпуска [1]. В таких условиях современные CAD/CAM/CAE/PDM-системы являются стратегическим средством повышения конкурентоспособности продукции и обеспечивают предприятию переход на качественно новый уровень решения конструкторско-технологических и производственных задач.

Процесс проектирования с использованием CAD/CAM/CAE/PDM-систем, переход на информационные компьютерные технологии, электронное определение изделия – все это звучит уже привычно, но, к сожалению, как показывает опыт использования таких систем отечественными предприятиями, их внедрение в большинстве случаев не позволяет достичь показателей производительности труда, соответствующих показателям передовых промышленных стран.

Это происходит, потому что процесс автоматизации подготовки производства не может иметь временных рамок и должен протекать постоянно пока существует предприятие. В этой связи первоочередной вопрос – определение стратегии внедрения средств автоматизации. Неправильно выбранная стратегия или никак не отразится на технико-экономических показателях объекта внедрения, или, вероятнее всего, ухудшит их. Необходимо определить эффективную стратегию внедрения автоматизированных систем в производство.

В ходе данной работы был произведен анализ специфики процессов технологической подготовки производства (ТПП) двух ведущих российских приборостроительных предприятий, построены диаграммы деятельности, отражающие потоки конструкторско-технологической информации в ходе технической подготовки производства выпуска новой продукции, рассмотрены структуры существующих на предприятиях автоматизированных систем ТПП (АСТПП), выявлены их особенности и общие черты, отмечены «узкие места», приводящие к непозволительно высокому росту издержек на предприятиях. Были изучены и предложены возможные современные методы и средства совершенствования существующих на предприятиях структур АСТПП, позволяющие организовать на них сквозное проектирование новых изделий. В частности, рассматривалась возможность перехода к параллельному циклу проектирования, организация эффективного управления информацией об изделии с помощью PDM-систем [2], аннотирование 3D-моделей как средство повышения производительности на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. По итогам анализа был предложен экономически целесообразный путь модернизации существующей структуры АСТПП на одном из наиболее прогрессивных предприятий России.

Процесс сквозного проектирования проиллюстрирован примером подготовки производства детали радиационно-стойкой телевизионной камеры, изготавливаемой серийно на данном предприятии, в котором охвачены такие этапы жизненного цикла изделия, как конструирование и ТПП, оценены результаты совершенствования структуры АСТПП.

Руководство предприятия ознакомлено с результатами работы и сейчас находится в процессе рассмотрения вопроса технической и финансовой готовности к переходу на новый тип проектирования изделий.

Литература

1. Яблочников Е.И. Автоматизация технологической подготовки производства в приборостроении: Учебное пособие. – СПб: СПб ГИТМО (ТУ), 2002. – 92 с.
2. Яблочников Е.И. Методологические основы построения АСТПП: Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2005. – 84 с.

Емельянова Марина Юрьевна
Год рождения: 1988
Факультет точной механики и технологии,
кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии, группа 6669
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: noire_chatte@mail.ru

УДК 621.3.038

МОДЕРНИЗАЦИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ И ИНДИКАЦИИ

М.Ю. Емельянова
Научный руководитель – В.К. Феофанов
(ФГУП «Санкт-Петербургское ОКБ «Электроавтоматика»)

Многофункциональный блок управления и индикации (МФБУИ), который входит в состав бортового авиационного комплекса (БАК), обеспечивает: управление режимами работы системы управления и индикации, вывод на своем экране информации, принимаемой от вычислительной системы, ввод информации с наименованиями и численными значениями параметров, а также символьной информации.

Современный этап развития отечественной авиационной техники характеризуется глубокой модернизацией авиационных комплексов и их электронных систем на основе использования последних достижений электронных цифровых технологий. Однако уровень выполнения современных требований к бортовому радиоэлектронному оборудованию (БРЭО) авиационных комплексов сегодня приемлем далеко не по всем параметрам.

Основным недостатком является недостаточное внедрение в модернизируемые БАК современных средств отображения информации. Хотя в настоящие время существуют несколько типов средств индикации, наиболее подходящие для решения задачи модернизации блока, удовлетворяющие современным требованиям:

– электролюминесцентные;
– жидкокристаллические;
– органические светодиодныхе дисплеи.

На основании изложенного был сделан вывод об актуальности решения научно-технической задачи и сформулирована **цель работы**, которая заключалась в модернизации МФБУИ на основе применения современных средств отображения информации (дисплейных модулей), позволяющая повысить его эргономические характеристики при обеспечении требований назначения и надежности.

Для достижения цели исследований в работе последовательно были решены следующие задачи:

1. анализ направлений и средств совершенствования характеристик МФБУИ;
2. модернизация конструкции МФБУИ, а также входящего в него графического модуля (МГ);
3. оценка выполнения требований, предъявляемых к МФБУИ.

Научная новизна работы состоит в том, что модернизированный МФБУИ сконструирован с учетом современных средств отображения информации, которые позволяют существенно повысить основные характеристики качества изображения.

Также нужно отметить, что научно-технический базис, обеспечивающий модернизацию МФБУИ с функциональной ориентацией архитектуры, структура которой может динамически изменяться в соответствии с требованиями решаемых

задач, находится в стадии формирования. К концептуальным особенностям построения МФБУИ относятся:

- открытость и адаптивность архитектуры МФБУИ;
- глубокая унификация и стандартизация всех компонентов;
- высокий уровень технологичности процесса разработки элементов, в том числе и средств индикации [1].

В ходе работы был проведен анализ направлений и средств совершенствования характеристик МФБУИ. Выбран дисплейный модуль для МФБУИ на основе применения метода анализа иерархий (МАИ). Данный метод позволяет понятным и рациональным образом структурировать сложную проблему принятия решений в виде иерархии, сравнить и выполнить количественную оценку альтернативных вариантов решения.

Первым этапом применения МАИ являлось структурирование проблемы выбора в виде иерархии. В наиболее элементарном виде иерархия строится с вершины (цели), через промежуточные уровни-критерии (технические параметры) к самому нижнему уровню, который в общем случае является набором альтернатив (дисплейных модулей). После иерархического воспроизведения проблемы устанавливаются приоритеты критериев и оценивается каждая из альтернатив по критериям (рис. 1) [2].

Рис. 1. Метод анализа иерархий

На втором этапе была выполнена модернизация блока по принципу блочности, МФБУИ разбит на отдельные сборочные единицы (узлы), что обеспечивает высокую технологичность изготовления, обслуживания в эксплуатации и дальнейшую модернизацию.

Детально разработан МГ, являющийся неотъемлемой частью МФБУИ. Основное предназначение МГ – обеспечение взаимодействия индикатора с комплексом БРЭО, прием, преобразование и выдача на экран ЖК-панели графической информации. На основе принципиальной электрической схемы произведена замена элементной базы МГ (рис. 2).

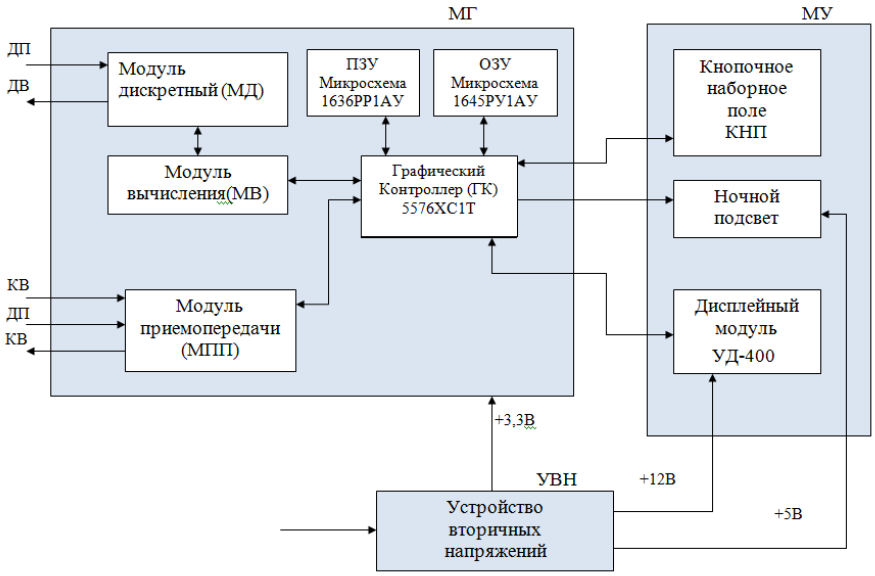


Рис. 2. Структурная схема модернизированного МФБУИ

Также обеспечена защита МГ от дестабилизирующих факторов, путем введения в конструкцию механизмов крепления, теплоотводов, применения современных защитных материалов [3].

На последнем этапе проведена оценка выполнения требований, предъявляемых к МФБУИ. Конструкторско-технологические расчеты показали что:

- расчет на вибропрочность подтвердил возможность устройства сохранять работоспособность при воздействии вибраций и ударов, с параметрами, указанными в технических требованиях;
- расчет теплового режима подтвердил возможность применения данной элементной базы для заданных условий эксплуатации;
- расчет надежности выявил удовлетворение данным устройством требований по надежности.

Создан комплект конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД. Графическая часть выполнена при помощи системы автоматизированного проектирования Altium Designer, AutoCAD 2011.

Литература

1. Павлов А.М. Принципы организации бортовых вычислительных систем перспективных летательных аппаратов // Мир компьютерной автоматизации. – 2001. – № 4. – С. 15–16.
2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – С. 21.
3. МФБУИ разработки «ФГУП СПб ОКБ «Электроавтоматика». – Руководство по технической эксплуатации. – 2009.

Захаров Вячеслав Романович
Год рождения: 1988
Факультет точной механики и технологии,
кафедра технологии приборостроения, группа 6658
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: zah1988@bk.ru

УДК 67.05

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ МАЛОГО ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В.Р. Захаров
Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.И. Яблочников

Цель работы – уменьшение себестоимости изготовления продукции малого приборостроительного предприятия, за счет анализа бизнес-процессов компании, их переосмысления, внедрения информационных систем поддержки бизнеса, а также комплексных предложений по снижению себестоимости. Стоит отметить актуальности данного вопроса в связи с общей плачевной ситуацией в российской промышленности, и в особенности предприятий малого и среднего бизнеса. К сожалению, большинство таких предприятий являются абсолютно не конкурентоспособными на фоне мировых аналогов, а ввиду скорого вступления России во всемирную торговую организацию (ВТО) и отмене заградительных пошлин на импортную продукцию, эти предприятия несут очень большие риски банкротства. В связи с этим Россия рискует потерять

большую часть малых промышленных предприятий, которые во всем развитом мире являются локомотивом роста экономики. Проанализировав и преодолев комплекс проблем, компания сможет вести подробный учет за ее деятельностью с помощью современных информационных систем. Решив данную задачу, компания сможет повысить свою конкурентоспособность и думать о дальнейшем развитии.

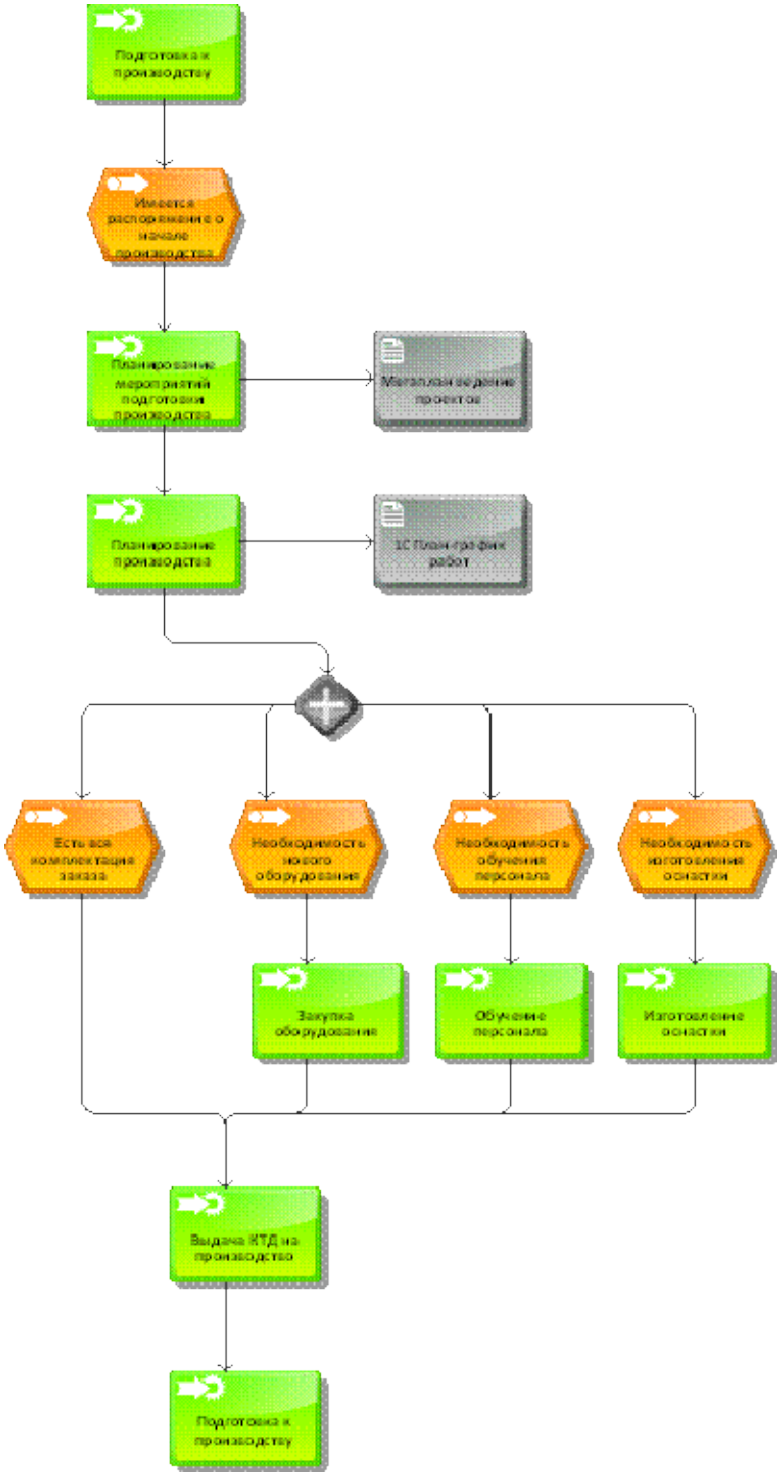


Рис. 1. Существующий бизнес-процесс «Разработка КТД»

В данной работе были изучены организационная, функциональная, информационная модель малого приборостроительного предприятия ООО «МВТ». Перед предприятием стояли крайне актуальные для всей российской малой промышленности стратегические цели по уменьшению себестоимости продукции,

увеличению рентабельности бизнеса. Для этого был произведен анализ 13 основных существующих бизнес-процессов, выдвинуты предложения по улучшению бизнес-процессов, а также сокращению неэффективных и избыточных бизнес-процессов.

Было предложено внедрить систему оценки эффективности сотрудников. После анализа данных предложений было принято решение о внедрении информационных систем для обеспечения деятельности предприятия. Были проанализированы PDM-система «Smarteam», ERP и SRM система «1С: Управление производственным предприятием» и CRM система «Мегаплан». Из данных систем мы получили комплекс систем для полного контроля над деятельностью производственного предприятия. Были построены новые 13 основных бизнес-процессы компании с учетом внедрения информационных систем.

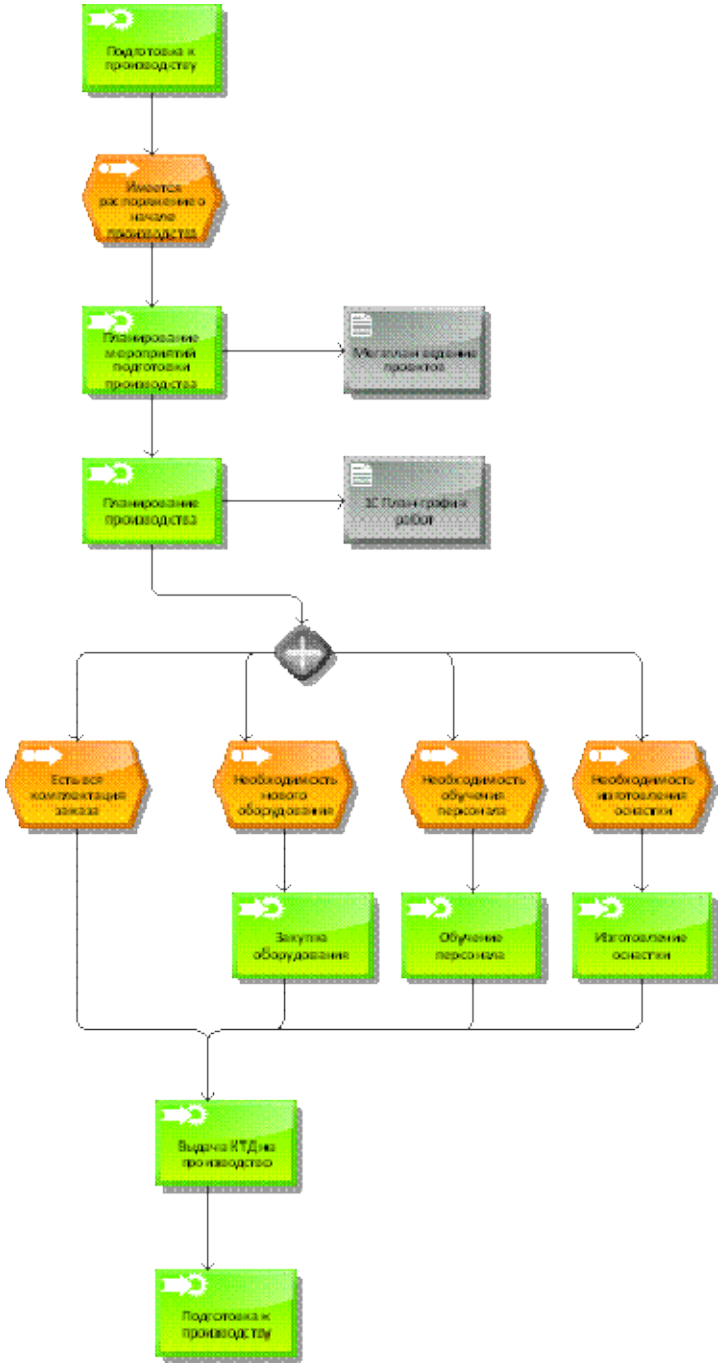


Рис. 2. Новый бизнес-процесс «Разработка КТД»

Были произведены экономические расчеты внедрения систем, а также осуществлены расчеты экономической целесообразности. Внедрение данных систем помогло осуществлять контроль над закупочной деятельностью предприятия, оптимизировать закупочные партии комплектующих на предприятии, снизить расход комплектующих и материалов, увеличить производительность труда на предприятии, снизить сроки выполнения заказов и ремонта. Увеличить количество проданной продукции. Благодаря данным мерам, удалось снизить полную себестоимость производимой продукции, увеличить рентабельность, конкурентоспособность, прибыль предприятия, тем самым высвободив дополнительные средства для его дальнейшего развития.

Литература

1. Яблочников Е.И., Фомина Ю.Н. Реинжиниринг бизнес-процессов проектирования и производства: Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 152 с.
2. Яблочников Е.И., Фомина Ю.Н., Саломатина А.А. Компьютерные технологии в жизненном цикле изделия. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 188 с.
3. Шляго Н.Н. Оценка ресурсов и результатов. – СПб: ЮТАС, 2008. – 132 с.
4. Адизес И. Управление жизненным циклом корпорации. – СПб: Питер, 2007. – 384 с.
5. Ветлужских Е. Стратегическая карта, системный подход и KPI. Инструменты для руководителей. – СПб: Альпина Паблишер, 2008. – 204 с.

Ионов Артем Сергеевич
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологии,
кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии, группа 6665
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: ias89@bk.ru

УДК 534-8

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНО-УЛЬТРАЗВУКОВОГО МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОИСКА ДЕФЕКТОВ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

А.С. Ионов
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.В. Федоров

В настоящее время развитие ракетно-космической техники (РКТ) является одним из направлений, формирующих новый технологический уровень Российской Федерации. Создание новых поколений перспективных изделий РКТ базируется на глубоких конструкторских, технологических и материаловедческих исследованиях. Использование специальных материалов и многофункциональных покрытий позволяет добиться повышения эксплуатационных характеристик и качества изделий РКТ. Также при их производстве используются новые сложные соединения, такие как вакуумно-компрессионная пайка тонкостенных изделий. Однако широко применяемые сегодня в РКТ традиционные методы и средства неразрушающего контроля не обеспечивают требуемый уровень точности, информативности и достоверности данных о возможных дефектах сложных соединений на микроуровне. В связи с этим появляется проблема контроля качества данных соединений.

Сложность разработки технологий неразрушающего контроля (НК) паяных соединений связана с конструктивными особенностями изделий РКТ, например, камер сгорания жидкостных ракетных двигателей (ЖРД), а также с допустимыми размерами неспая (непропая) и физическими ограничениями традиционных видов и методов НК паяных соединений [1, 2]. В связи с этим появляется необходимость разработки методик применения современных видов и методов НК, например, лазерно-ультразвукового [3].

Целью работы являлась разработка методики применения лазерно-ультразвукового метода неразрушающего контроля для поиска дефектов типа непропай в тонкостенных элементах камеры жидкостного ракетного двигателя.

Задачи работы:

1. анализ различных дефектов, возникающих в тонкостенных паяных соединениях;
2. анализ различных методов неразрушающего контроля;
3. описание лазерно-ультразвукового метода контроля на основе механизма термооптического возбуждения ультразвуковых волн;
4. разработка методики применения лазерно-ультразвукового метода поиска дефектов типа непропай в тонкостенных элементах в жидкостных ракетных двигателях;
5. апробация разработанной методики на примере контроля сопла ЖРД14Д23.

Научная новизна работы состояла в разработке методики, позволяющей установить местонахождение и размеры дефектов типа непропай в сопле камеры ЖРД с помощью лазерно-ультразвукового дефектоскопа УДЛ-2М.

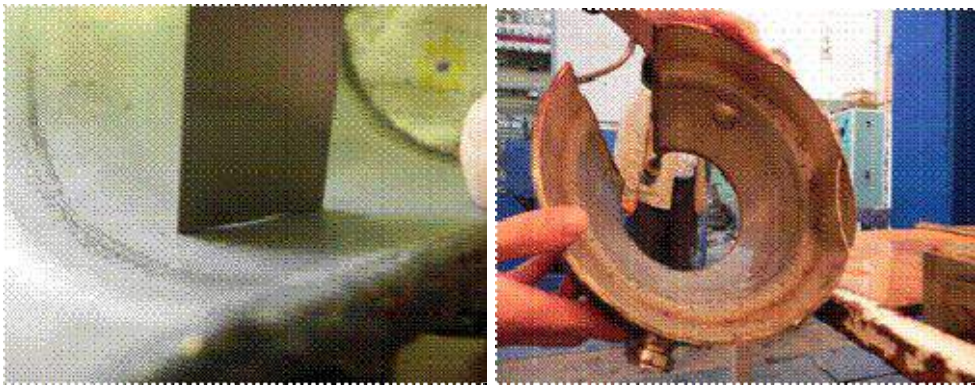
В ходе работы была разработана новая методика, согласно которой реализуется следующая последовательность действий:

1. нанести на внутреннюю поверхность сопла нулевую метку, провести разметку по окружности с шагом 40 мм и обозначить получившиеся участки контроля от 1 до N;
2. провести сканирование внутренней поверхности по окружности от нулевой метки до следующей метки и сохранить данные сканирования в виде файла;
3. повторить эту процедуру последовательно для всех участков контроля по всей окружности для данной траектории;
4. перемещая преобразователь на 0,5–1 мм вдоль образующей на следующую траекторию, повторить сканирование по окружности до обеспечения полного покрытия мест контроля;
5. проанализировать полученные дефектограммы с целью поиска и локализации дефектов;
6. зафиксировать результат контроля.

Апробация методики и подтверждение достоверности результатов проводились на вырезке из сопла верхнего в подколлекторной зоне ЖРД 14Д23 (рис. 1).

Рис. 1. Вырезка из сопла верхнего

При проведении лазерно-ультразвукового контроля был выявлен неспай двух ребер. Для подтверждения достоверности контроля вырезка была подвергнута прочностным гидроиспытаниям, которые проводились на специальном стенде по следующему режиму: сначала проводилось нагружение давлением 800 кг/см^2, выдержка 5 мин, сброс давления и внешний осмотр вырезки с контролем предполагаемых мест неспаев. Контроль проводился путем измерения расширения выпучины и их документирования (рис. 2, а). Эта операция повторялась с повышением давления на 100 кг/см^2 выше предыдущего до разрушения вырезки. Разрушение вырезки произошло при давлении в 1100 кг/см^2 в виде большой выпучины и разрыва стенки внутренней в выделенной зоне предполагаемых дефектов, выявленной в результате контроля, что видно на рис. 2, б.



а б

Рис. 2. Выпучены в местах предполагаемых неспаев: зазор на выпучине (а); место разрушения (б)

После гидроиспытаний было произведено вскрытие разрушенного участка. Вскрытый участок исследовался визуально с использованием микроскопа МБС-2 и проводилось его фотографирование. Вид вскрытого участка показан на рис. 3.

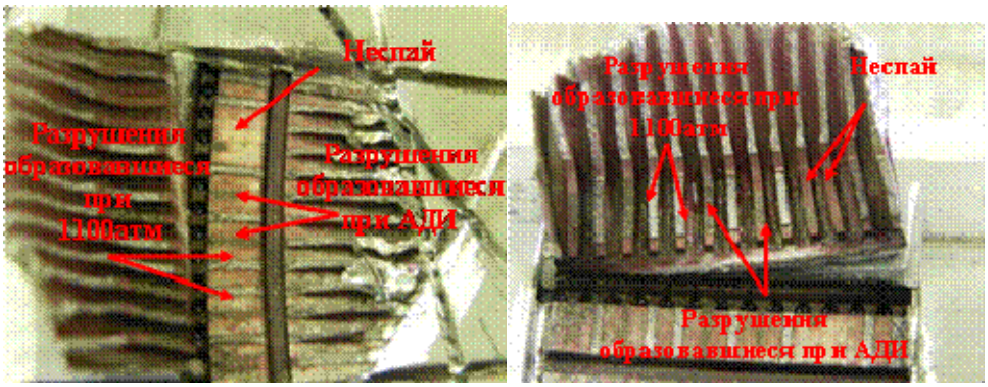


Рис. 3. Вид вскрытого участка

При анализе разрушенного участка были установлены:

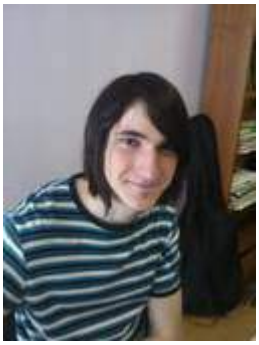
- неспай двух ребер, положение которых точно соответствовало положению предполагаемого неспая, обнаруженного при лазерно-ультразвуковом контроле;
- места разрушения паяного соединения по четырем ребрам, образовавшимся при гидроиспытаниях;
- места разрушения паяного соединения по семи ребрам, образовавшимся при давлении в 1100 атм.

Данные исследования полностью подтвердили достоверность результатов проведенного лазерно-ультразвукового контроля.

Практическая значимость работы состоит в том, что разработанная методика позволяет использовать лазерно-ультразвуковой метод контроля для оценки технического состояния сопла ЖРД.

Литература

1. Справочник по пайке / Под ред. С.Н. Лоцманова, И.Е. Петрунина, В.П. Фролова. – М., Машиностроение, 1975. – 407 с.
2. ОСТ 92-1190-78. Пайка. Общие технические требования. Типовые технологические процессы.
3. Гусев В.Э., Карабутов А.А. Лазерная оптоакустика. – М.: Наука, 1991. – 304 с.



Клименко Евгений Евгеньевич
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологий, кафедра технологии приборостроения, группа 6657
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: broken_head@mail.ru

УДК 65.07

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КАПИЛЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОФОРЕЗА КАПЕЛЬ-20Х

Е.Е. Клименко
Научный руководитель – д.т.н., профессор Д.Д. Куликов

В работе был детально рассмотрен процесс проектирования прибора, работающего на принципе метода капиллярного электрофореза. Разрабатываемый прибор является продолжением линейки приборов, работающих на том же методе. Данная система имеет следующие области применения: анализ объектов окружающей среды, контроль качества пищевой продукции и продовольственного сырья, фармацевтика, клиническая биохимия, криминалистическая экспертиза, химическая промышленность.

Процесс разработки – это постоянный сложный процесс решения задач, изменения и совершенствования конструкции и доработки. В работе разработка функциональных узлов прибора рассмотрена на трех этапах – на этапе проектирования конструкции; на этапе инженерного анализа конструкции и последующей доработки на основе результатов проведенного анализа; макетирование и прототипирование с использование технологии быстрого прототипирования. Быстрое прототипирование – это технология быстрого макетирования, быстрого создания опытных образцов и модели работающей системы, для демонстрации заказчику или проверки возможности реализации. Конкретно в работе использовалась технология послойного спекания материала, с толщиной слоя 0,25 мм. Данная технология были применена исключительно для тех деталей, которые предполагались в серии изготавливаться литьем под давлением из пластмасс.

Полученные прототипы были использованы (о чем детально рассказывается в пояснительной записке) для анализа конструкций и работоспособности функциональных элементов системы, как отдельно, так и в сборе.

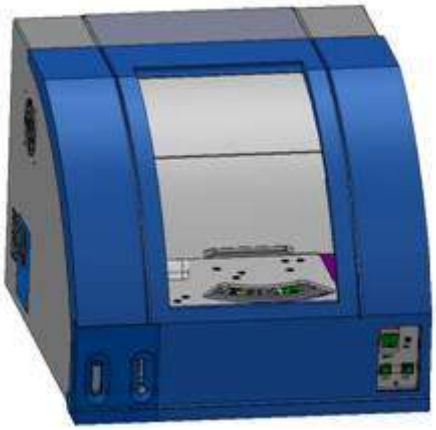


Рис. 1. 3D-модель будущего прибора, модель выполнена в САПР SolidWorks. Данная конструкция пойдет в серию

Рис. 2. Прототип одного из узлов прибора. Модель напечатана на 3D-принтере из ABS-пластика, толщина слоя – 0,25 мм

Анализ прототипов (рис. 1, 2) позволил выявить множество ошибок, которые невозможно учесть только лишь при анализе трехмерных моделей в системе автоматизированного проектирования. Однако стоимость прототипирования относительно высокая, поэтому многократное прототипирование, после внесенных изменений, накладно.

И, тем не менее, даже однократное прототипирование – это большой шаг в сторону повышения надежности, эргономики и функциональности разрабатываемых изделий.

Литература

1. Энциклопедия полимеров. В 3-х т. / Под ред. В.А. Каргина. – М.: Советская энциклопедия, 1972. – Т. 1. – 1224 с.; 1974. – Т. 2. – 1035 с.; 1977. –Т. 3. – 1152 с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. / Под ред. И.Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – Т. 2. – 912 с.
3. Электронный ресурс: www.wikipedia.org.

Коновалов Михаил Викторович
Год рождения: 1989
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга, группа 6212
Направление подготовки:
223200 Техническая физика
e-mail: happy_misha@bk.ru

УДК 536.2

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

М.В. Коновалов
Научный руководитель – к.т.н. В.А. Кузьмин

Не так давно в России вышел закон «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности», который ужесточил контроль качества энергоаудита. Известно, что до 30% тепла уходит через ограждающие конструкции зданий. Так что необходимы точные методы определения тепловых сопротивлений ограждающих конструкций (ОК).

Традиционным способом определения термического сопротивления ограждающих конструкций является метод предлагаемый ГОСТом [2]. Он основан на комплексном теплотехническом обследовании, которое предусматривает осуществление контроля основных теплотехнических параметров конструкций, используя при этом только неразрушающие и расчетные способы исследования. Обследование проводилось на ОК эксплуатируемых или полностью подготовленных к сдаче в эксплуатацию зданий и сооружений. Хотя не исключен вариант определения R в лабораторных условиях на образцах, которыми являются целые элементы ОК.

При определении теплового сопротивления ОК проводятся следующие этапы:

1. проводится тепловизионное обследование здания, с целью получения термограмм;
2. по полученным термограммам находят реперные участки, т.е. участки, где температурное поле равномерно;
3. в реперных участках проводятся контактные измерения температур внутренней и внешней поверхности ОК T_{in}^{wall} и T_{out}^{wall}. Также измеряется тепловой поток q.

Термическое сопротивление ограждающей конструкции рассчитывается, в общем случае, по формуле:

$$R = \frac{\overline{T}_{in} - \overline{T}_{out}}{\overline{q}} \left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right].$$

В работе рассмотрены методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. Эти методы были разделены на два вида: «разрушающие» и неразрушающие. К «разрушающим» методам относятся стационарные и нестационарные калориметрические методы, цель которых заключается в определении теплофизических свойств веществ и материалов ограждающих конструкций. Определяющим свойством для искомого теплового сопротивления является теплопроводность. Сопротивление находится по формуле

$$R = \frac{\delta}{\lambda} \left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right], \quad (1)$$

где δ – толщина ограждающей конструкции, м; λ – теплопроводность $\left[\frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})} \right]$.

Для «разрушающих» методов необходимо изготовлять экспериментальные образцы, а также они обладают большой погрешностью. Но всего этого можно избежать, прибегнув к методам неразрушающего теплового контроля (ТНК). Каждый метод из ТНК содержит в себе комплекс контактных и бесконтактных методов и расчетные методы анализа полученных данных.

Однако у ГОСТа [2] есть ряд недостатков, самыми серьезными из которых являются длительная продолжительность контактных измерений и невозможность применения его в нестационарных условиях. Для решения этих проблем обращаемся к методу функционала правдоподобия. Это метод опирается на решении нестационарного уравнения (2) теплопроводности с граничными условиями, взятыми из экспериментальных данных:

$$C \cdot \rho \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}. \qquad (2)$$

Затем ищется такая теплопроводность, при которой среднее квадратичное отклонение вычисленного теплового потока от экспериментального потока минимально. Плотность ρ и теплоемкость C берутся из справочных данных. По вычисленной оптимальной теплопроводности считается сопротивление теплопередачи по формуле (1).

Автором работы создано универсальное программное обеспечение в среде MATLAB для двух методов, с помощью которого был произведен численный расчет с использованием экспериментальных данных.

Результаты, полученные различными методами, практически не отличаются друг от друга и позволяют сделать вывод о предпочтении второго метода для определения теплового сопротивления ограждающей конструкции, так как он не обладает вышеизложенными недостатками ГОСТа.

Созданный метод носит название «метод расчета приведенного сопротивления теплопередаче многослойной ограждающей конструкции в реальных условиях эксплуатации зданий методом решения обратной задачи теплопроводности, использующий функционал правдоподобия на основе конечно-разностной схемы» или сокращенно метод «функционала правдоподобия на основе конечно-разностной схемы».

Метод «функционала правдоподобия на основе конечно-разностной схемы» предназначен для определения теплотехнических характеристик строительных сооружений с оценкой энергоэффективности ограждающих конструкций по результатам ТНК.

В заключение отметим, что предлагаемый метод обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с традиционным, а именно позволяет моделировать различные граничные условия на поверхностях ОК и определять распределение температуры $t(\tau)$ по толщине ОК и потоки $q(\tau)$ с различных сторон ОК, т.е. не требует длительного времени для проведения замеров и, в конечном счете, позволяет внедрять более эффективные энергосберегающие технологии.

Литература

1. Будадин О.Н., Потапов А.И., Колганов В.И. и др. Тепловой неразрушающий контроль изделий. – М.: Наука, 2002. – 476 с.
2. ГОСТ 26254-84. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. – Введ. 01.01.1985. – М.: Госстандарт, 1984. – 27 с.
3. Чернышов В.Н. Энергоэффективные методы определения теплофизических свойств строительных материалов и изделий. – М.: Спектр, 2011. – 156 с.

Котов Сергей Николаевич
Год рождения: 1989
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга, группа 6212
Направление подготовки:
223200 Техническая физика
e-mail: kotovsergey@yandex.ru

УДК 697.1

МОНИТОРИНГ И РАСЧЕТ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ КОМПЛЕКСА ЗДАНИЙ

С.Н. Котов
Научный руководитель – А.В. Федоров
(ГНУ ВНИИЖ РАСХН)

Согласно Федеральному Закону [1] требуется провести энергетическое обследование всех зданий и сооружений страны, сделать энергетические паспорта и провести другие энергосберегающие мероприятия. Российская Федерация выходит на новый уровень развития в сфере энергосбережения, задается новое направление по энергоучету.

Цель работы состояла в том, чтобы рассчитать объем теплопотребления комплекса зданий, принадлежащего Всероссийскому научно-исследовательскому институту жиров (ГНУ ВНИИЖ РАСХН). Для этого требовалось изучить нормативные документы (СНиПы, ГОСТы, строительные правила и т.д.) и расчетные методики, создать программу для расчета зданий, оценить энергоэффективность зданий, рассчитать теплопотери в трубопроводах, сделать выводы и дать рекомендации по улучшению энергоэффективности.

Всего в комплекс входит 8 зданий, объединенных собственной котельной, принадлежащей институту. Три здания относятся к институту, 5 сторонних. В течение двух лет планируется переход от использования морально устаревшей котельной на новую автономную газовую котельную. В работе рассчитывалось два основных здания института. Первое здание – производственное, примыкающее к котельной, 1904 г. постройки, реконструированное в 1974 г., четырехэтажное, отапливаемый объем 11860 $м^3$. Второе здание – административное, конторское, используется как проходная, 1966 г. постройки, двухэтажное, отапливаемый объем 1298 $м^3$. Оба здания кирпичные. Технические характеристики зданий взяты из технических паспортов.

По изученным методикам, составлена программа в Microsoft Excel. По результатам расчета зданиям были присвоены классы энергетической эффективности Е (очень низкий). Отклонения от нормы удельной тепловой характеристики для первого и второго здания 105% и 146% соответственно. Основными причинами недостаточной тепловой эффективности зданий являются износ и низкая тепловая защита ограждающих конструкций (а также световых проемов и дверей), беспричинная трата тепловых ресурсов из-за устаревшей котельной. По составленной программе можно рассчитывать необходимое теплопотребление других зданий, входящих в комплекс.

Для снижения теплопотерь зданий рекомендованы следующие энергосберегающие мероприятия: утепление ограждающих конструкций, замена окон (уменьшение размера, установка стеклопакетов, окон с селективными отражающими свойствами), установка устройств автоматизированного узла управления системой отопления и установка термостатов на отопительных приборах, пофасадное

регулирование, установка автоматических дверей или устройств автоматического закрытия дверей, установка тепловых завес и др.

В работе составлен широкий обзор методов и средств повышения энергетической эффективности. Сделана оценка энергоэффективности зданий, сделаны выводы по полученным данным и даны рекомендации по улучшению энергоэффективности. Рассчитаны теплопотери в трубопроводе, идущем от котельной до второго здания. Проведен краткий обзор тепловизионного обследования, проводившегося весной 2012 г.

Литература

1. Федеральный Закон № 261-ФЗ от 23.11.2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Малявина Е.Г. Теплопотери здания. Справочное пособие. – 2-е изд., испр. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2011. – 144 с.
3. МГСН 2.01-99. Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению. – М.: ГУП «НИАЦ», 2000.
4. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. – М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. – 36 с.
5. СНиП II-3-79*. Строительная теплотехника. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1998. – 29 с.
6. 1СП 23-101-2000. Проектирование тепловой защиты здания. – М.: ГУП ЦПП, 2001. – 121 с.

Кузьмин Михаил Дмитриевич
Год рождения: 1989
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга, группа 6212
Направление подготовки:
223200 Техническая физика
e-mail: Michealing_89@mail.ru

УДК 536.242, 535.231.22, 537.32

РАЗРАБОТКА ОБРАЗЦОВОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ «АБСОЛЮТНО ЧЕРНОЕ ТЕЛО» В ТЕМПЕРАТУРНОМ ДИАПАЗОНЕ ОТ –40°С ДО + 120°С

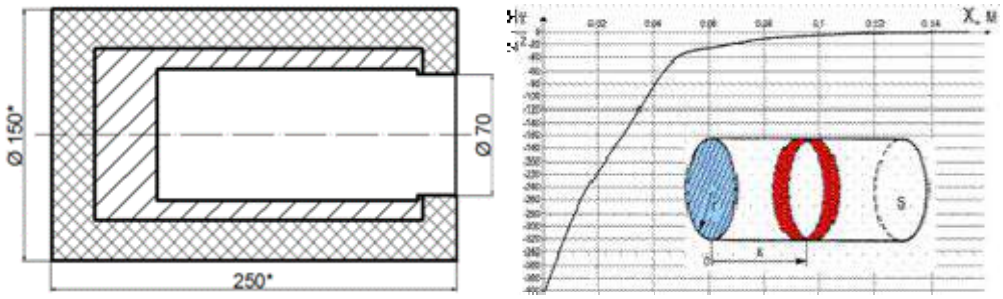
М.Д. Кузьмин
Научный руководитель – к.т.н., ассистент Д.А. Минкин
(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики)
Научный консультант – Л.Н. Гоголев (ЗАО «НПЛ «Метропир»)

Работа выполнена по заказу ЗАО «НПЛ «Метропир». Полученные результаты внедрены в производство с мая 2012 г.

Работа представляла собой объемное исследование, включающее в себя как теплофизические расчеты, конструкторскую разработку, так и экспериментальную часть.

На сегодняшний день серийно выпускаются низкотемпературные излучатели в диапазоне температур от –30°С до +150°С. Более низкие температуры достигаются, благодаря использованию азота в качестве хладагента, что доставляет массу неудобств в работе с такой установкой. Однако работы в таких низких температурах востребованы в

научно-исследовательских институтах, центрах стандартизации и метрологии, в космической промышленности. В связи с этим было решено разработать образцовый излучатель в диапазоне температур от –40°С до +120°С без использования азота.



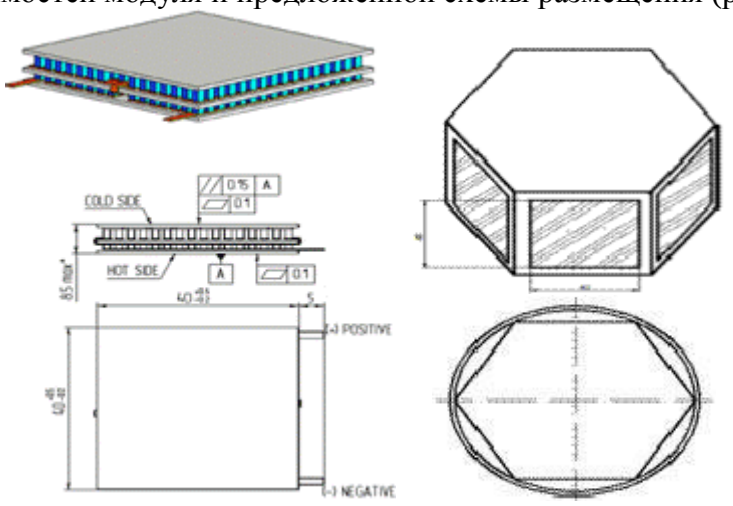
а б

Рис. 1. Модель излучателя (а) и распределение плотности теплового потока по длине полости излучателя (б)

Для определения требуемой холодопроизводительности и мощности нагревателя в работе были рассчитаны, по предложенной модели (рис. 1, а), суммарные тепловые потери (теплонатекания) при предельных значениях температуры, а также энергия, необходимая для достижения заданной температуры в определенный промежуток времени. Расчеты проводились с использованием современного программного обеспечения, а также формул для естественной конвекции и излучения.

На основании расчетов и исследования существующей конструкции выбран двухкаскадный термоэлектрический модуль (рис. 2, а) с повышенной термостойкостью, циклостойкостью и соответствующей герметизацией из полиуретана для осуществления теплового режима излучателя.

Рассчитаны основные параметры термоэлектрического модуля, исходя из основных зависимостей модуля и предложенной схемы размещения (рис. 2, б).



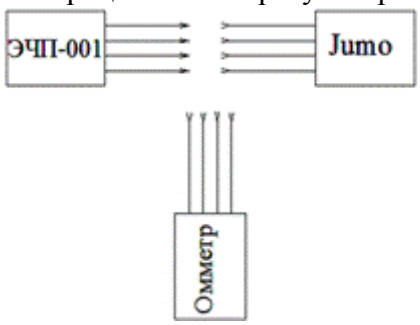
а б

Рис. 2. Термоэлектрический модуль (а) и схема размещения термоэлектрического модуля (б)

После теплофизических расчетов и конструкторских разработок произведена сборка излучателя и выполнены экспериментальные исследования основных характеристик излучателя. Благодаря правильно подобранному термоэлектрическому модулю, а также его герметизации, не наблюдалось деградации элемента, вызванного его перегревом, а также попаданием влаги на полупроводниковые элементы, что имело место в предшествующих установках.

Время выхода на предельные температуры –40°С и +120°С составило 38 и 47 мин соответственно.

Используя результаты экспериментального исследования, проведена точная настройка излучателя (рис. 3, а). Измерялось сопротивление ЭЧП-001 (термометр сопротивления) при заданной температуре, и с помощью компьютера данные (рис. 3, б) вносились в прецизионный регулятор Jumo.



а

Температура, °С	Сопротивление, Ом
-41	83.85
-20	92.24
0	100
20	107.84
40	115.84
50	119.54
70	128.45
80	133.55
110	144.51
122	149.22

б

Рис. 3. Точная настройка излучателя (а) и зависимость сопротивления ЭЧП-001 от температуры (б)

После настройки погрешность излучателя не превысила 0,2°С, что соответствует первому разряду для образцовых излучателей.

Литература

1. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре: Учебник для вузов по спец. «Конструир. и произв. радиоаппаратуры». – М.: Высшая школа, 1984. – 247 с.
2. Зигель Р., Хауэлл Дж. Теплообмен излучением. – М.: Мир, 1975. – 934 с.
3. Вайнер А.Л. Каскадные термоэлектрические источники холода. – М.: Сов. радио, 1976. – 136 с.

Куницын Олег Сергеевич
Год рождения: 1988
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа 6301
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
Компьютерная оптика
e-mail: oleg_kunicyn@mail.ru

УДК 681.7.06

РАЗРАБОТКА ПАКЕТА ПРОГРАММ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ С АСФЕРИЧЕСКИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

О.С. Куницын
Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.Д. Толстоба

Введение. В наши дни область применения асферических поверхностей непрерывно расширяется в оптических системах различного назначения. В их числе: современная фотографическая оптика, астрономическая оптика, современные зеркальные объективы для нанолитографии. Введение в оптические приборы асферических поверхностей позволяет расширить возможности и область применения

приборов, упростить оптические системы при одновременном улучшении их оптических характеристик [2].

На сегодняшний день имеются пакеты программ, предназначенных для выполнения конструкторской документации на оптические детали (чертежи линз и оптических схем) в полном соответствии с ГОСТ [9] и сопутствующими нормативными документами. Однако указанные выше программы способны обрабатывать сферические и плоские оптические поверхности, но на «взаимодействие» с асферическими поверхностями они не запрограммированы. Данная работа как раз была направлена на искоренение этого «пробела», а именно на разработку и реализацию задачи автоматического выпуска чертежей деталей с асферическими поверхностями в среде САПР.

Виды асферических поверхностей. В процессе расчета оптической системы оптик-расчетчик, преследуя цели сокращения габаритных размеров и массы прибора, повышения оптических характеристик и улучшения качества изображения, приходит к необходимости введения в оптическую систему одной или нескольких асферических поверхностей, вид и параметры которых зависят от конкретных требований расчета. В подавляющем большинстве случаев в оптических системах применяют поверхности вращения, причем начало декартовых координат x, y, z совмещают с вершиной поверхности, а ось вращения совмещают с оптической осью системы (осью x).

Для изучения свойств асферических поверхностей вполне достаточно задать уравнение меридианной кривой поверхности, совмещая начало декартовых координат x, y с вершиной кривой, а ось симметрии (вращения) – с оптической осью системы. В этих случаях наиболее употребительные виды асферических поверхностей могут быть заданы уравнениями плоских кривых, определяющих профиль асферических поверхностей:

$$y^2 = a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_n x^n; \quad (1)$$

$$x = A_1 y^2 + A_2 y^4 + \ldots + A_n y^{2n}. \quad (2)$$

Уравнение (2) применяют главным образом для асферических поверхностей, мало отличающихся от плоскости, типа поверхностей Шмидта (планоидные поверхности). Если асферическая поверхность является поверхностью вращения, то при указанном выборе системы координат в уравнениях любого вида переменная y должна содержать только четные степени [6].

К настоящему времени установилась прочная традиция делить все виды асферических поверхностей на поверхности второго и высших порядков. Среди асферических поверхностей второго порядка особое положение занимают цилиндрические и конические поверхности. Поверхности высших порядков делятся на поверхности с монотонной меридианной кривой (монотонные поверхности) и немонотонные (типа поверхностей Шмидта). К монотонным поверхностям высших порядков относятся торические поверхности, образованные вращением окружности вокруг прямой, не пересекающей ее. К этой же группе монотонных поверхностей относятся поверхности, образованные вращением монотонных кривых вокруг их оси вращения.

Технологические показатели асферических деталей. Технологические показатели асферических деталей определяют возможность и целесообразность асферизации их с помощью тех или иных методов обработки и видов производственного и контрольного оборудования.

К технологическим показателям асферических деталей относятся следующие [7]:

1. наружный световой диаметр;

2. вид уравнения поверхности и ее знак;
3. крутизна, измеряемая углом между касательными к образующей в ее вершине и в зоне светового диаметра;
4. точность асферизации (местные ошибки/ отклонение параметров уравнения);
5. асферичность («вершинная», «сагиттальная», «трехточечная», «четырехточечная»);
6. градиент асферичности;
7. конструктивные особенности деталей – по этому показателю различаются детали кольцевые, сплошные соосные и внеосевые, зеркала и линзы;
8. серийность производства деталей.

Рабочие чертежи оптических деталей должны оформляться в соответствии с требованиями ГОСТа [9]. На чертежах оптических деталей с асферическими поверхностями помимо требований к материалу и требований к изготовлению детали указываются дополнительные требования к асферическим поверхностям, такие как [1]:

– уравнение асферической поверхности в осевом сечении;
– $K_л$ – технологический класс асферической поверхности;
– φ – крутизна поверхности;
– α – максимальный угол отклонения нормали (в секундах) от расчетной в каждой точке поверхности;
– $D_{кр}$ – диаметр наименьшего кружка рассеяния в мм;
– $\delta p(\Delta p)$ – допуск на параметр параболической поверхности;
– A – вершинная асферичность поверхности;
– γ – градиент асферичности.

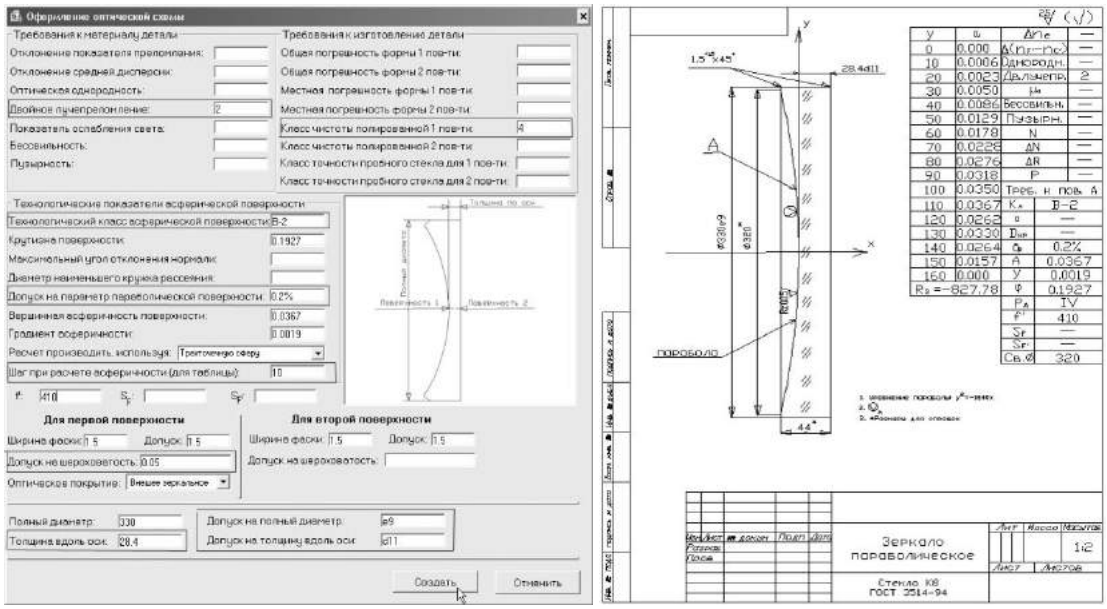
Под чертежом оптической детали с асферической поверхностью текстом указывается допустимая величина децентричности. При этом нормируются две характеристики:

– допустимое поперечное смещение вершины асферической поверхности с оси базовых поверхностей в мм;
– допустимый угол поворота оптической оси асферической поверхности относительно оси базовых поверхностей в угл. мин.

Реализация программы. Для реализации данного проекта была выбрана система автоматизированного проектирования и черчения AutoCAD за счет развитых средств разработки и адаптации приложений [5]. Дополнительно использовалась среда OpenDCL, достоинством которой является современный визуальный редактор со всеми необходимыми элементами управления и типами диалоговых окон.

Алгоритм работы программы следующий:

1. определение конструктивных параметров, либо задавая их «ручным вводом», либо указав файл с описанием оптической детали (для OPAL – *.prn, для Zemax – *.zmx);
2. определение ориентации листа, вида основной надписи и ее заполнение;
3. определение требований к материалу и к изготовлению детали [3];
4. определение дополнительных технологических показателей сферических поверхностей, таких как технологический класс асферической поверхности. Основные показатели, такие как асферичность или градиент поверхности, рассчитываются автоматически на основании конструктивных параметров [7] (рисунок, а). Значения выделенных полей вводит пользователь, остальные – рассчитываются.



а б

Рисунок. Определение требований (а) и чертеж детали (б)

В результате проделанных выше действий имеются все необходимые данные для создания чертежа детали (рисунок, б).

Заключение. В результате выполнения работы была спроектирована и реализована программа автоматизированного выполнения чертежей оптических деталей с асферическими поверхностями, которая способна взаимодействовать с системами оптического проектирования OPAL и Zemax.

В перспективе разработанный модуль может быть использован в качестве библиотеки создаваемых систем автоматизированного проектирования в области оптотехники.

Литература

1. Быков Б.З., Перов В.А. Оформление рабочих чертежей оптических деталей и выбор допусков на оптические детали: Учебное пособие. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 100 с.
2. Кирилловский В.К., Гаврилов Е.В. Оптические измерения. Ч. 7. Инновационные методы контроля при изготовлении прецизионных асферических поверхностей: Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 118 с.
3. Латыев С.М. Конструирование точных (оптических) приборов: Учебное пособие. – СПб: Политехника, 2007. – 579 с.
4. Михельсон Н.Н. Оптические телескопы. Теория и конструкция. – М.: Наука, 1976. – 512 с.
5. Полещук Н.Н. AutoCAD: разработка приложений, настройка и адаптация. – СПб: БХВ-Петербург, 2006. – 992 с.
6. Пуряев Д.Т. Методы контроля оптических асферических поверхностей. – М.: Машиностроение, 1976. – 262 с.
7. Справочник технолога-оптика / Под ред. М.А. Окатова. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб: Политехника, 2004. – 679 с.
8. Цуканова Г.И., Бахолдин А.В. Спецразделы прикладной оптики: Учебное пособие / Под ред. А.А. Шехонина. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 77 с.
9. ГОСТ 2.412-81. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения чертежей и схем оптических изделий. – Введ. 01.01.1983. – М.: Госстандарт СССР. – 16 с.

Курчавая Ольга Александровна
Дата рождения: 1988
Факультет точной механики и технологий, кафедра технологии приборостроения, группа 6658
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail:okurchavaya@mail.ru

УДК 658.51 + 004.415.2.04

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ОБОБЩЕННОЙ МОДЕЛИ ИЗДЕЛИЯ

О.А. Курчавая
Научный руководитель – д.т.н., профессор Д.Д. Куликов

В работе проводился анализ методики моделирования обобщенной модели изделия (ОМИ). Также исследовались возможности PDM-системы (PDM – Product Data Management – управление данными о продукте/изделии) SmarTeam для поддержания жизненного цикла ОМИ, были определены способы записи обобщенной модели изделия в PDM-системе SmarTeam. Для автоматизации контроля был проведен анализ методов управление обобщенной моделью с помощью технологии Workflow.

Актуальность работы обусловлена тем, что современные темпы развития приборостроительной промышленности выдвигают жесткие требования к срокам проектирования и выпуска изделий, к показателям качества и себестоимости, которые в совокупности определяют конкурентоспособность создаваемых изделий. Это приводит к усложнению технологической подготовки производства (ТПП), которая занимает все больше и больше времени. Предлагаемая методология автоматизации ТПП основана на создании обобщенной модели изделия. Обобщенная модель изделия (продукта) – это информация об изделии, зафиксированная на текущий момент жизненного цикла изделия, и представляющая собой систему связанных между собой информационных объектов. Функционирование обобщенной модели изделия основано на использовании PDM-систем. В работе исследования проводились на PDM-системе SmarTeam. Анализ этой системы показал, что эта система обладает всеми необходимыми возможностями для организации единого информационного пространства.

На основе проделанного автором анализа становиться очевидно, что для ОМИ характерно наличие двух частей: модели изделия и модели управления. Модель изделия была построена в виде проекта изделия, куда входит информация об изделии в виде графических и функциональных моделей, представленная в виде дерева в PDM-системе. Он включает в себя чертежи, 3D-модели, технологический процесс (ТП), операционные карты, операционные эскизы и т.д. (рис. 1).

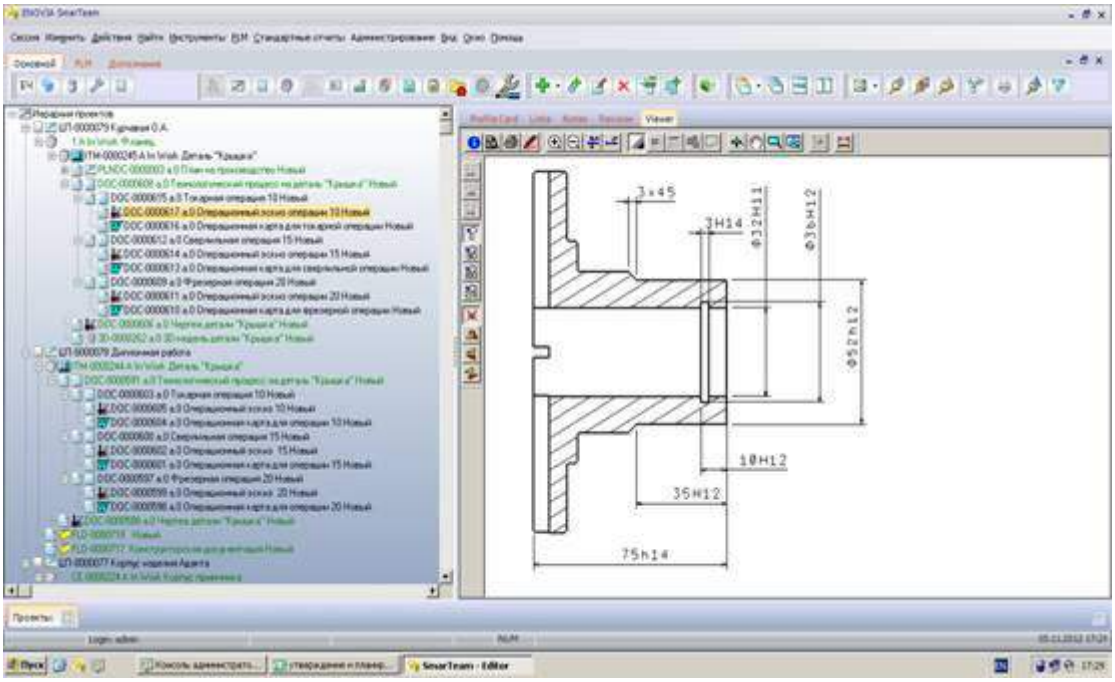


Рис. 1. Дерево модели изделия в PDM-системе SmarTeam

Формирование модели управления происходит во время развертывания ТПП конкретного изделия. Первым этапом создания модели управления является планирование ТПП. Планирование ТПП для какого либо объекта начинается после того как издано необходимое распоряжение, зарегистрированное как информационный объект «Распоряжение». Для его создания произведена модификация базы данных (БД) и создан класс «Распоряжение» (рис. 2). В PDM-системе SmarTeam это производиться с помощью модуля Data Model Designer. Модуль предназначен для создания и изменения структуры БД. Для работы с ним требуется обладать правами администратора в системе. В нем создается структура БД, а также задаются характеристики элементов в виде атрибутов. Для визуального оформления паспорта элементов БД используется утилита Form Designer.

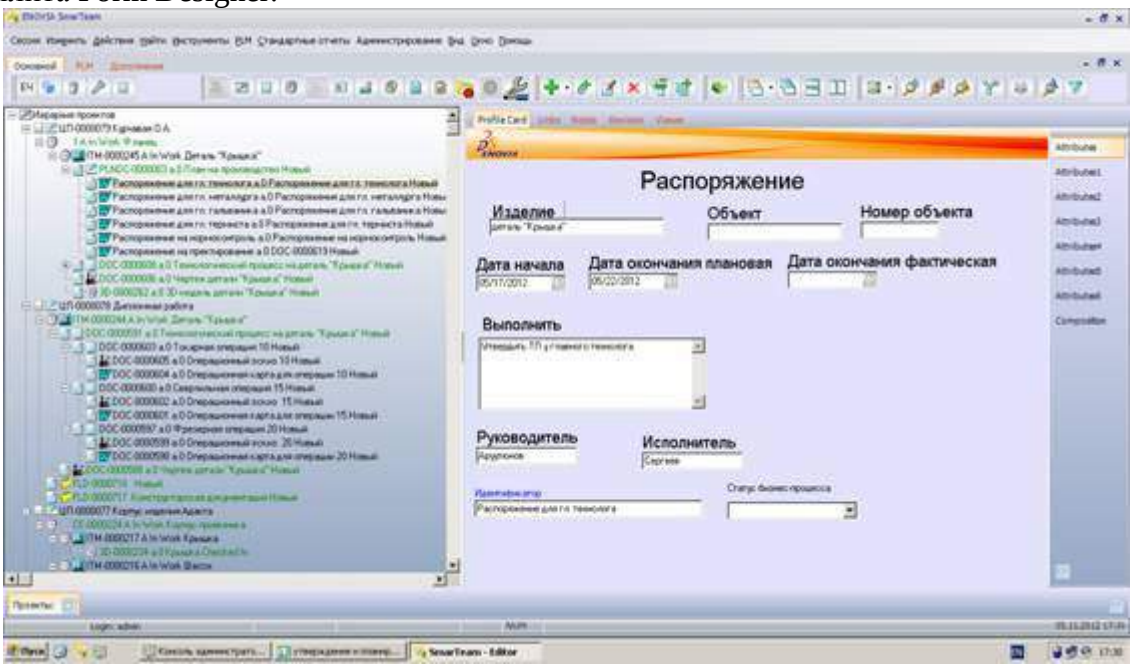


Рис. 2. Паспорт класса «Распоряжение»

При планировании происходит постепенное развертывание планов-графиков. Они могут содержать укрупненные планы работы, которые могут потребовать дальнейшей детализации. И, следовательно, возникают подпланы. В процессе ТП могут возникать нарушения планов по каким-либо производственным причинам. В связи с этим может потребоваться корректировка планов. Каждая операция бизнес-процессов ТПП начинается с выдачи необходимого распоряжения, и взаимосвязь между операциями бизнес-процессов ТПП и операциями управления показаны на рис. 3 на примере процесса проектирования и утверждения ТП.

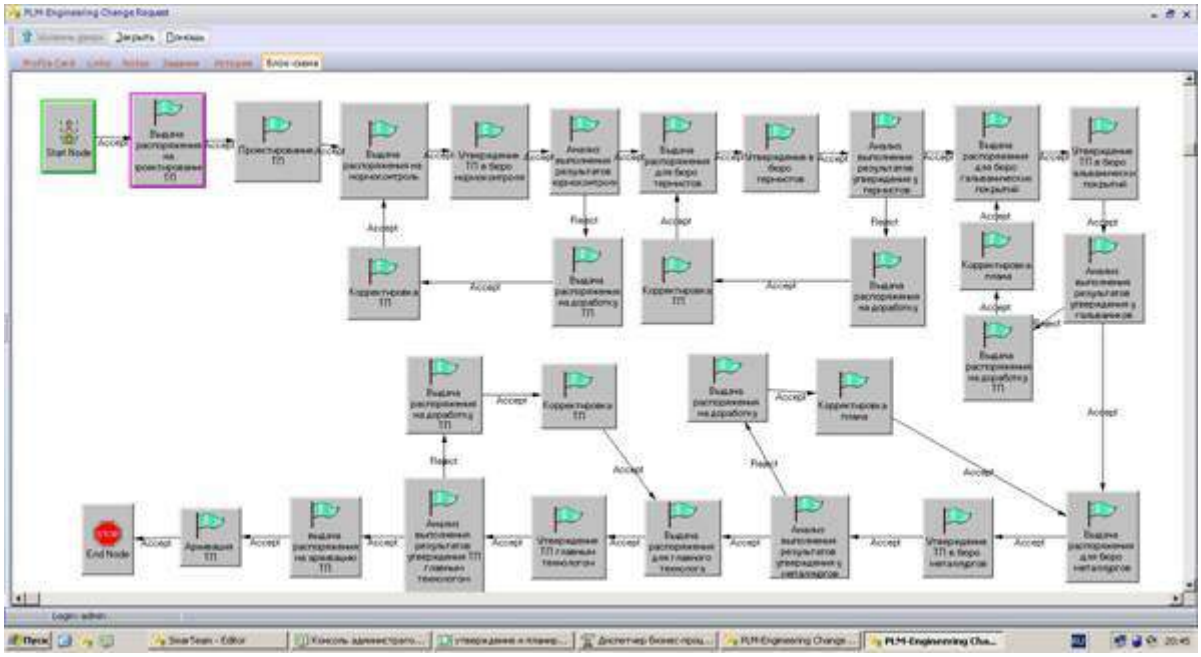


Рис. 3. Проектирование и утверждение ТП

Как видно, процесс проектирования и утверждения носит итерационный характер, что сопровождается выдачей соответствующих распоряжений. Данный процесс становится довольно сложным. Все действия в нем выполняются на обычном производстве вручную. При использовании PDM-системы процесс разработки утверждения технологии может измениться достаточно сильно. Для автоматизации контроля используется технология Workflow.

Workflow – это полная или частичная автоматизация бизнес-процесса, при которой документы, информация или задания передаются от одного участника (бизнес-процесса) к другому для выполнения действий согласно набору руководящих правил. Технология WorkFlow успешно реализована в компоненте SmartFlow, которая, в свою очередь, входит в состав PDM-системы SmarTeam, о которой говорилось ранее. SmartFlow состоит из трех элементов:

– *Flow Chart Designer* позволяет администратору (супервизору) проектировать графики WorkFlow;
– *SmartBox* позволяет пользователям получать, запускать и просматривать подготовленные для них бизнес-процессы, выполнять задания и пересылать их на следующий этап графика WorkFlow;
– *WorkFlow Manager* позволяет руководителю наблюдать за уже начатыми процессами, давая возможность изменять те, что вызывают проблемы и задержки.

Сам процесс выполнения происходит следующим образом. После инициирования процесса в стартовом узле графика инициируются те узлы, которые связаны соединителями со стартовым узлом. Пользователи, прикрепленные к этим узлам

средствами внутренней электронной почты, получают директивы (уведомления) о необходимости выполнить указанные задания. Вместе с директивами передается вся необходимая для работы информация. После того, как пользователь выполнит эти задания, он сообщает системе о выполнении. Это инициирует следующие узлы графика, которые имеют соединения с данным узлом и т.д., до завершения выполнения всех работ в конечном узле графика. Выполненные узлы задания имеют специальную цветовую пометку, что позволяет легко контролировать общее состояние работ.

Таким образом, концепция обобщенной модели изделия, предложенная на кафедре технологии приборостроения Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, позволяет обеспечить эффективную разработку проектирования изделия и управление его конструкторской и технологической подготовкой, а использование PDM-системы SmarTeam позволяет успешно построить как модель изделия, так и модель управления конструкторской и технологической подготовки этого изделия.

Литература

1. Зильбербург Л.И., Молочник В.И., Яблочников Е.И. Реинжиниринг и автоматизация технологической подготовки производства в машиностроении. – СПб: Компьютербург, 2003. – 152 с.
2. Яблочников Е.И., Молочник В.И., Фомина Ю.Н., Саломатина А.А., Гусельников В.С. Методы управления жизненным циклом приборов и систем в расширенных предприятиях. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 148 с.

Кутейников Павел Александрович
Год рождения: 1988
Факультет точной механики и технологии, кафедра технологии приборостроения, группа 6659
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: kuteinikov@gmail.com

УДК 67.05

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА СЛОЖНЫХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

П.А. Кутейников
Научный руководитель – к.т.н., доцент Р.Р. Магдиев

Современная технологическая подготовка производства немыслима без использования автоматизированных систем, реализующих информационную технологию выполнения функций проектирования. На предприятиях повсеместно применяются разнообразные CAD/CAM/CAE/PLM системы от таких производителей, как Dassault Systemes, Autodesk, Siemens PLM Software и других. Разнообразие программных продуктов, заключающееся в разности решаемых задач и стоимости, в свою очередь, порождает проблемы совместимости между различными системами технологической подготовки производства.

Для повышения востребованности результатов работы и придания ей конкретного прикладного применения, в ней произведена разработка методических указаний по работе в CAM модуле системы проектирования (CATIA), в которой осуществлялась

разработка управляющей программы для корпусной детали. Актуальность данных методических указаний обусловлена отсутствием аналогичных материалов, в доступной форме поэтапно расписывающих разработку управляющей программы. Полученные методические указания предполагается использовать на кафедре технологии приборостроения (ТПС) Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики (НИУ ИТМО).

Следует отметить, что результаты работы будут доложены научно-техническому совету ЗАО «Диаконт», где в данный момент происходит переоборудование. Так, например, по результатам работы можно посоветовать им, произвести и замену программного обеспечения.

Рисунок. Визуализация детали в CATIA

В системе CATIA была построена деталь, произведена ее визуализация и разработана управляющая программа. Благодаря продвинутой CAM системе в составе CATIA, существует возможность спроектировать как сверлильную с фрезерной, так и токарную обработку, при этом существует поддержка 5-координатных станков. Многовариантность решаемых системой CATIA задач, в том числе при использовании CAD/CAM возможностей, позволяет рекомендовать ее для внедрения на ЗАО «Диаконт», где происходит переоборудование на новые, в том числе и 5-координатные станки.

На примере корпусной детали, типичной для ЗАО «Диаконт», рассмотрена работа различных CAD/CAM/CAE систем, определена предпочтительная для предприятия система проектирования. Это обусловлено текущем переоборудованием, переходом к 5-координатным станкам, и как следствие, возникшей необходимостью в многофункциональном программном обеспечении. По результатам работы составлены методические указания, как для специалистов предприятия, так и для студентов кафедры ТПС НИУ ИТМО, изучающих систему CATIA.

Литература

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – Т. 1. – 656 с.
2. Серебреницкий П.П. Общетехнический справочник. – СПб: Политехника, 2004. – 445 с.
3. Ловыгин А.А., Васильев А.В., Кривцов С.Ю. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM система. – М.: Эльф ИПР, 2006. – 286 с.

Мартынов Олег Игоревич
Год рождения: 1988
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа 6303
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
Оптические приборы
e-mail: bumper2005@bk.ru

УДК 535.317

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА И АБЕРРАЦИОННОГО РАСЧЕТА ОБЪЕКТИВА С ЗЕРКАЛЬНО-ЛИНЗОВОЙ АФОКАЛЬНОЙ НАСАДКОЙ

О.И. Мартынов
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Зверев

Введение. Одним из наиболее важных направлений развития естественных наук является расширение спектральной области используемого излучения. Этим определяется появление новых приемников излучения и приемных устройств, чувствительных не только в инфракрасном, в видимом или ультрафиолетовом участке спектра, но и в широком УВИ-диапазоне. При этом оптические свойства приемников определяют потребность в светосильных оптических системах, формирующих изображение высокого качества в широком спектральном диапазоне излучения.

Развитие космических средств наблюдения требует создания компактных оптических устройств различного функционального назначения, обладающих малой массой и высокими выходными параметрами, к числу которых, прежде всего, следует отнести высокое качество изображения при высоком коэффициенте пропускания излучения широкого спектрального диапазона элементами, составляющими оптическую систему устройства. Этим требованиям наилучшим образом удовлетворяют зеркальные и зеркально-линзовые системы.

Разработка оптических систем, удовлетворяющих современным условиям применения, требует обстоятельного анализа элементной базы и базовых схем, формирующих реальную основу композиции зеркальных и зеркально-линзовых оптических систем. Этим определяется актуальность настоящей работы, посвященной габаритному и аберрационному анализу различных вариантов композиции оптической системы зеркально-линзового объектива.

Содержательная часть. Оптическую систему, состоящую из двух тонких компонентов, разделенных конечным воздушным промежутком, при положительной оптической силе первого компонента и отрицательной второго, принято называть телеобъективом. Задачу определения габаритных соотношений в телеобъективе решает коэффициент укорочения $Q_{ДКС}$, равный отношению фокусного расстояния системы к ее длине. Длина системы $L_{ДКС}=d+a'_{F'}$, где d – расстояние между компонентами; $a'_{F'}$ – задний фокальный отрезок системы, равный $a'_{F'}=\frac{1-\varphi_1 d}{\varphi}$, где φ – оптическая сила системы, равная $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_1\varphi_2 d$; φ_1, φ_2 – оптические силы первого и второго компонентов соответственно. Учитывая приведенные соотношения, получаем

$$Q_{ДКС}=\frac{f'}{L_{ДКС}}=\frac{1}{1+\varphi_2(1-\varphi_1 d)d}. \qquad (1)$$

Из условия $\frac{dQ_{ДКС}}{dd} = 0$ находим d = 1/(2φ1). При этом $Q_{ДКС} = 4/\left(4 + \varphi_2/\varphi_1\right)$. При $\varphi_2 = -\varphi_1$ коэффициент $Q_{ДКС}$ = 4/3. Оптическую систему, длина которой удовлетворяет условию $Q_{ДКС} > 1$, называют телеобъективом.

Фокусное расстояние оптической системы, состоящей из афокальной системы и некоторого объектива, фокусное расстояние которого равно f_0', в параксиальной области определяется формулой

$$f' = \frac{h_1}{\alpha'} = \frac{h_1}{h_2}\frac{h_2}{\alpha'} = \Gamma \cdot f_0', \qquad (2)$$

где $\Gamma = h_1/h_2 -$ угловое увеличение изображения, образованного афокальной насадкой. При этом длина системы равна, $L_{OAC} = d + f_0'$, где d – расстояние между компонентами. В этом случае коэффициент укорочения равен

$$Q_{OAC} = \Gamma/\left(1 + d/f_0'\right). \qquad (3)$$

Пусть афокальная система представляет собой оптическую систему из двух отражающих поверхностей. Расстояние между поверхностями определится следующим очевидным соотношением $d = \frac{1 - k_Э}{\alpha}$, где $k_Э -$ коэффициент центрального экранирования входного зрачка по диаметру; α – угол (тангенс угла), образованный осевым виртуальным (нулевым) лучом с оптической осью в пространстве между поверхностями. Если отражающие поверхности имеют форму параболоида вращения, то в изображении, образованном такой системой (известной двухзеркальной системой Мерсенна), отсутствуют сферическая аберрация, кома и астигматизм.

При сферической форме отражающих поверхностей остаточную сферическую аберрацию изображения можно компенсировать с помощью афокального двухлинзового компенсатора, расположенного в параллельных пучках лучей. В работе показано, что сферическую аберрацию изображения, образованного сферической отражающей поверхностью, можно компенсировать с помощью плоскопараллельной пластинки, расположенной в сходящихся пучках лучей, в пределах достаточно большого относительного отверстия (рис. 1).

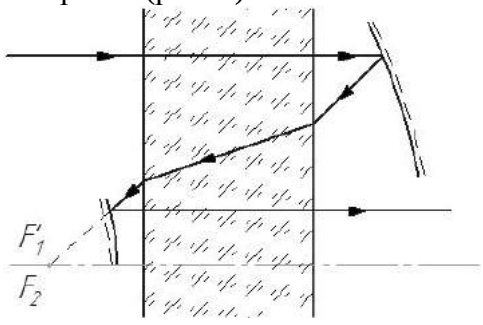


Рис. 1. Плоскопараллельная пластина в сходящемся пучке лучей

Запишем рассматриваемую систему с помощью углов осевого виртуального луча в виде:

$\alpha_1 = 0$ $n_1 = 1$

$\alpha_2 = \alpha$ $d_1 = n_2 = -1$

$\alpha_3 = \nu\alpha$ $d_2 = d$ $n_3 = -n$

$\alpha_4 = \alpha$ $d_3 = n_4 = -1$

$\alpha_5 = 0$ $n_5 = 1$.

Используя теорию аберраций третьего порядка для системы, у которой предмет на бесконечно большом расстоянии в воздухе, можно получить формулу, определяющую коэффициент первичной сферической аберрации:

$$B_0 = -\frac{1-k_Э}{4}\alpha^3 + \frac{n^2-1}{n^3}\alpha^4 d\,. \qquad (4)$$

Пусть $B_0 = 0$ толщина пластинки равна

$$d = \frac{n^3}{n^2-1}\frac{1-k_Э}{4\alpha}\,. \qquad (5)$$

Коэффициент первичной комы равен

$$K_0 = \nu\left(1-\nu^2\right)d\,\alpha^3 - \frac{1-k_Э}{4}\alpha^2\,. \qquad (6)$$

При замене величины d в выражении (6) соотношением (5) коэффициент первичной комы $K_0 = 0$. Таким образом, изображение, образованное системой из двух сферических зеркал с плоскопараллельной пластиной в сходящихся пучках лучей, обладает апланатической коррекцией аберраций. При апланатической коррекции в рассматриваемом случае коэффициент первичного астигматизма равен $C_0 = \alpha\left(1-k_э\right)/(4k_э)$. При этом первичная кривизна поверхности изображения определяется коэффициентом $D_0 = -\alpha(1-k_э)/k_э$. Вариант конструктивного решения задачи построения и расчета телеобъектива, основанного на применении рассматриваемого принципа, представлен на рис. 2, его аберрационные характеристики в табл. 1.

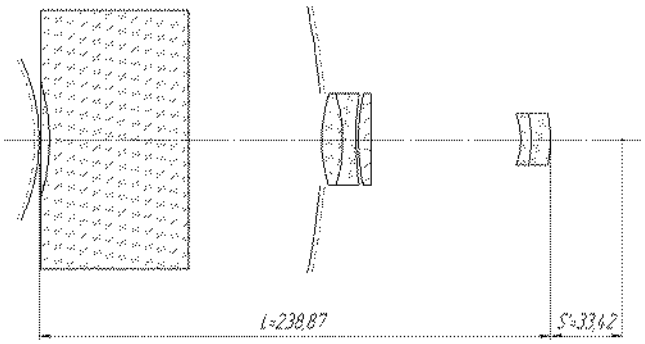


Рис. 2. Схема зеркально-линзового объектива с плоскопараллельной пластиной: f'=500; 2ω=3°; 1:k = 1:5

Таблица 1. Абберационные характеристики телеобъектива

*S*0	*Z*0	*Z'*0 (0)	*S'*0 (0)	*F'*(0)	*V3P*(0)	*S'A*			
	356,3	–291,3	33,378	504,63	0,6434	33,378			
MU=0	*H*	*ДS'*(0)	*TGC'*	*Y'*(0)	*W*(0)	*ЭТА*%	*Y'*(1–0)	*Y'*(2–0)	*Y'*(2–1)
	50	0,0773	0,0996	0,0077	–0,95E–3	–0,0092	0,0003	–0,00514	–0,00545
	43,3	0,0141	0,0861	0,00121	–0,0984	–0,0048	–0,434E–3	–0,00369	–0,00325
	35,4	–0,0195	0,0702	–0,0014	–0,0868	–0,0017	–0,889E–3	–0,00243	–0,00154
	25	–0,0241	0,0496	–0,0012	–0,0324	–0,34E–4	–0,981E–3	–0,00133	–0,349E–3
MU	*TGC'*	*Y'*(0)	*ДИС*	*Z'M*	*Z'S*	*Z'M–Z'S*	*Y'*(1–0)	*Y'*(2–0)	*Y'*(2–1)
0,0123	–0,0192	6,22	–0,0031	–0,398	–0,367	–0,0305	0,0154	–0,00993	–0,0253
0,0175	–0,0271	8,8	–0,0084	–0,772	–0,729	–0,0434	0,0217	–0,0139	–0,0356

Важным параметром зеркальных и зеркально-линзовых оптических систем является величина коэффициента центрального экранирования зрачка. Принято считать, что если волновая аберрация изображения удовлетворяет критерию Рэлея (не

превышает 0,25λ), то коэффициент экранирования $k_э$ не должен превышать 0,3.

Из выражения (5) следует, что чем меньше величина коэффициента экранирования, тем больше требуемая толщина пластинки. Большая толщина пластинки может оказаться важным недостатком рассматриваемой оптической системы. Однако во многих случаях нет необходимости в безаберрационном изображении, но требуется достаточно высокая освещенность его. При этом волновая аберрация может существенно превышать критерий Рэлея. Можно предполагать, что в этом случае характер влияния центрального экранирования на качество изображения будет отличаться от характера влияния при отсутствии аберраций. Для исследования этого явления применим оптическую систему, состоящую из отражающей поверхности сферической формы. Для определенности в знаках величин дополним сферическое зеркало плоским. Пусть фокусное расстояние такой системы равно f'=1000 мм. Пусть при равной нулю на краю зрачка волновая аберрация на зоне зрачка равна $W = 2{,}5\lambda$. Тогда, используя в качестве коррекционных параметров диаметр входного зрачка и величину смещения плоскости наилучшей установки, получаем оптическую систему и, изменяя в масштабе конструктивные параметры системы, получаем требуемую величину волновой аберрации на зоне зрачка при сохранении условий формирования изображения. Нулевая волновая аберрация в гауссовом изображении точки достигается заменой сферической поверхности отражающим параболоидом вращения.

На рис. 2 приведены кривые функции передачи модуляции (ФПМ) изображения при трех значениях волновой аберрации: при W = 0, при W = 0,25λ и при W =1,00λ. Анализируя вид кривой 3, можно считать, что при W =1,00λ предельное разрешение соответствует пространственной частоте 80 лин/мм. На рис. 3 и на рис. 4 представлены кривые зависимости ФПМ изображения от величины коэффициента центрального экранирования зрачка при волновой аберрации W = 0, 0,25λ, 0,50λ, 0,75λ, 1,00λ при пространственной частоте изображения N = 40 лин/мм и N = 75 лин/мм соответственно.

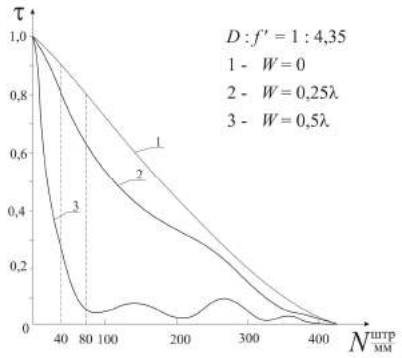
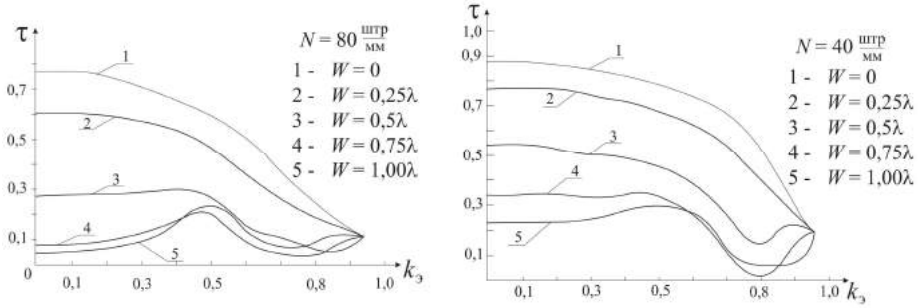


Рис. 3. Кривые ФПМ изображения при трех значениях волновой аберрации: 1– W = 0, W = 0,25λ, W = 1,00λ



а б

Рис. 4. Зависимость значения ФПМ изображения при волновой аберрации W = 0; 0,25λ; 0,50λ; 0,75λ; 1,00λ от коэффициента центрального экранирования зрачка по диаметру и при пространственной частоте: 40 лин/мм (а); 75 лин/мм (б)

Из анализа результатов выполненных вычислений следует, что при остаточной волновой аберрации $W \geq 0{,}75\lambda$ экранирование центральной зоны зрачка при $k_э \approx 0{,}5$ повышает контраст изображения. При этом толщина пластинки в рассматриваемой афокальной насадке уменьшается примерно в полтора раза. Однако, в этом случае угловое увеличение изображения, образованного афокальной насадкой, тоже уменьшится в полтора раза, а, следовательно, снизится эффективность ее применения.

Важно заметить, что основную роль в компенсации сферической аберрации изображения, образованного отражающей сферической поверхностью, играет первая поверхность плоскопараллельной пластинки. Заменяем вторую поверхность пластинки сферической поверхностью внутреннего отражения, образовав афокальную систему как показано на рис. 5.

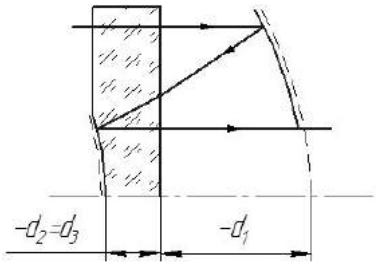


Рис. 5. Афокальная насадка на основе плоскопараллельной пластины с зеркалом внутреннего отражения

Толщина пластины в такой системе наоборот слишком мала. По этой причине, уменьшая экранирование в системе, можно выдержать достаточную толщину пластины и добиться больших значений углового увеличения. Схема и аберрационные характеристики объектива на основе афокальной насадки второго типа представлены на рис. 6 и в табл. 2 соответственно.

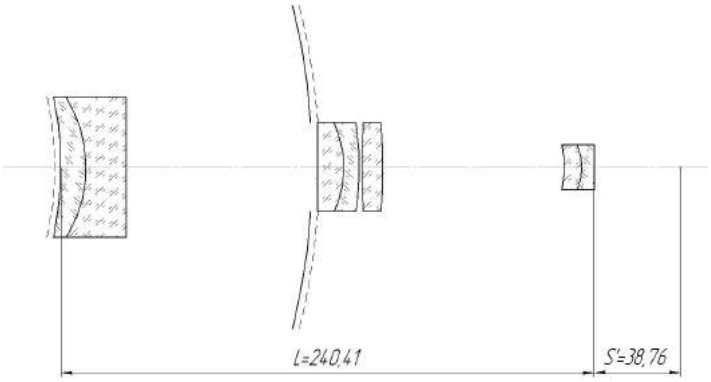


Рис. 6. Схема зеркально-линзового объектива на основе афокальной насадки с использованием плоскопараллельной пластины с зеркалом внутреннего отражения: f'=500, 2ω=3°, 1:k = 1:5

Таблица 2. Аберрационные характеристики объектива на основе афокальной насадки второго типа

*S*0	*Z*0	*Z'*0(0)	*S'*0(0)	*F'*(0)	*V3P*(0)	*S'A*			
	1217	–53,99	33,761	500,16	0,1854	38,761			
MU=0	*H*	*ДS'*(0)	*TGC'*	*Y'*(0)	*W*(0)	*ЭТА* %	*Y'*(1–0)	*Y'*(2–0)	*Y'*(2–1)
	50	0,139	0,1	0,0139	–0,0071	0,933E–3	–0,0114	0,0156	0,027
	43,3	0,0215	0,0869	0,00187	–0,177	0,0224	–0,00681	0,0094	0,0162
	35,4	–0,0354	0,0709	–0,0025	–0,15	0,0289	–0,00346	0,00474	0,0082
	25	–0,0404	0,0501	–0,002	–0,0544	0,0213	–0,00116	0,00154	0,0027

MU	*TGC'*	*Y'*(0)	*ДИС*	*Z'M*	*Z'S*	*Z'M–Z'S*	*Y'*(1–0)	*Y'*(2–0)	*Y'*(2–1)
0,0124	–0,0668	6,19	0,00357	–0,0073	–0,0073	–0,00458	0,00372	0,00361	–0,108E–4
0,0175	–0,0946	8,76	0,00995	–0,0058	–0,0058	–0,00292	0,00518	0,00524	0,645E–4

Литература

1. Слюсарев Г.Г. Методы расчета оптических систем. – М.: Мир, 1983. – 431 с.
2. Чуриловский В.Н. Теория хроматизма и аберраций третьего порядка. – Л.: Машиностроение, 1968. – 311 с.
3. Зверев В.А., Хлусова Н.И. Применение плоскопараллельной пластинки для исправления сферической аберрации // ОМП, ОНТИ ГОИ. – 1972. – № 9. – С. 24–25.
4. Зверев В.А. Оптическая система сферического зеркала с плоскопараллельной пластинкой // ОМП, ОНТИ ГОИ. – 1986. – № 11. – С. 30–32.
5. Романова Г.Э. Композиция зеркально-линзового объектива, основанная на применении свойств плоскопараллельной пластины // Вестник конференции молодых ученых СПбГУ ИТМО. Сборник научных трудов. – СПб: СПбГУ ИТМО. – 2004. – Т. 1. – С. 80–90.
6. Романова Г.Э. Разработка теоретических основ композиции оптических систем зеркальных и зеркально-линзовых объективов. Кандидатская диссертация. СПбГУ ИТМО, 2005.
7. Зверев В.А. Основы геометрической оптики. – СПб: СПб ГИТМО (ТУ), 2002. – 218 с.

Митропольская Татьяна Геннадьевна
Год рождения: 1982
Факультет точной механики и технологий, кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии, группа 6665
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: rutan4ik@list.ru

УДК 53.087.92

СОЗДАНИЕ МЕТОДИКИ ВЫБОРА ДАТЧИКОВ ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Т.Г. Митропольская
Научный руководитель – ст. преподаватель С.С. Гвоздев

На данный момент времени существует широкий спектр датчиков линейного перемещения, представленных на Интернет-ресурсах компаний производителей и дистрибьюторов, с различными принципами действия и характеристиками. Но отсутствует современная классификация, алгоритм и методы выбора датчиков, а также нет научной и учебной литературы или Internet-ресурса, где была бы собрана информация обо всех их принципах действия и о полном спектре их характеристик.

Чтобы грамотно и быстро выбирать датчики линейного перемещения, необходим пошаговый алгоритм, руководствуясь которым без дополнительных затрат времени можно решить задачу выбора датчиков линейного перемещения. **Целью работы** являлась разработка методики выбора датчиков линейного перемещения.

Проанализировав информационные источники, были выделены основные компании производители и дистрибьюторы датчиков линейного перемещения. После

анализа литературных и Internet-источников выделены следующие принципы действия данных измерительных приборов:

- потенциометрический;
- емкостной;
- фотоэлектрический, который по методу считывания делится на три группы:
  а) отображающий;
  б) световой;
  в) интерференционный;
- индуктивный;
- магнитный, основными элементами которого являются магнит и датчики, которые могут быть основаны на:
  а) эффекте Холла;
  б) магниторезистивном эффекте;
  в) магнитострикционном эффекте;
- лазерный интерферометрический.

При выборе датчика важно знать внешние условия, в которых он будет эксплуатироваться, так как они в сильной степени могут влиять на его работоспособность. К ним относятся следующие факторы: температура окружающей среды, механические нагрузки, давление, электромагнитные возмущения среды, влажность, агрессивность среды, колебания питающих напряжений. Кроме того необходимо учитывать структуру системы, в состав которой входит датчик.

В ходе анализа информационных источников не было найдено современной классификации по датчикам линейного перемещения. Существующие классификации не учитывают всех параметром датчиков. Так в известной классификации [1] выделены только следующие параметры: принцип действия, вид входных и выходных величин, структурная схема.

Проанализировав материалы фирм-производителей и дистрибьюторов датчиков линейного перемещения, можно сделать вывод о том, что указанными выше характеристиками рассматриваемых датчиков их перечень не ограничивается, в ряде случаев можно найти и другие характеристики.

Используя основные положения метода морфологического анализа, метода декомпозиции и опыт ряда разработчиков были выделены основные группы характеристик, каждая из которых содержит отдельные характеристики [2]: основополагающие характеристики, установочные характеристики, качественные характеристики, условия эксплуатации, быстродействие, выходные параметры, входные электрические параметры, конструктивные особенности, дополнительные характеристики.

В существующем алгоритме [3] поиск необходимых средств контроля осуществлялся с помощью бумажных информационных каталогов. Некоторые характеристики данного алгоритма не актуальны для датчиков линейного перемещения, с другой стороны не учтены все возможные характеристики датчиков, посредством которых возможно произвести оптимальный выбор. В этом алгоритме нет возможности выбора конкретной модели и марки датчика.

В работе был предложен следующий алгоритм выбора датчика, блок-схема которого представлена на рисунке. Первый этап алгоритма выбора датчика линейного перемещения – подготовка исходной информации согласно техническому заданию и формирование базы электронных ресурсов. На следующем этапе производился выбор по основным характеристикам. Основное внимание при выборе датчика для решения заданной измерительной задачи уделялось обеспечению необходимой точности измерений.

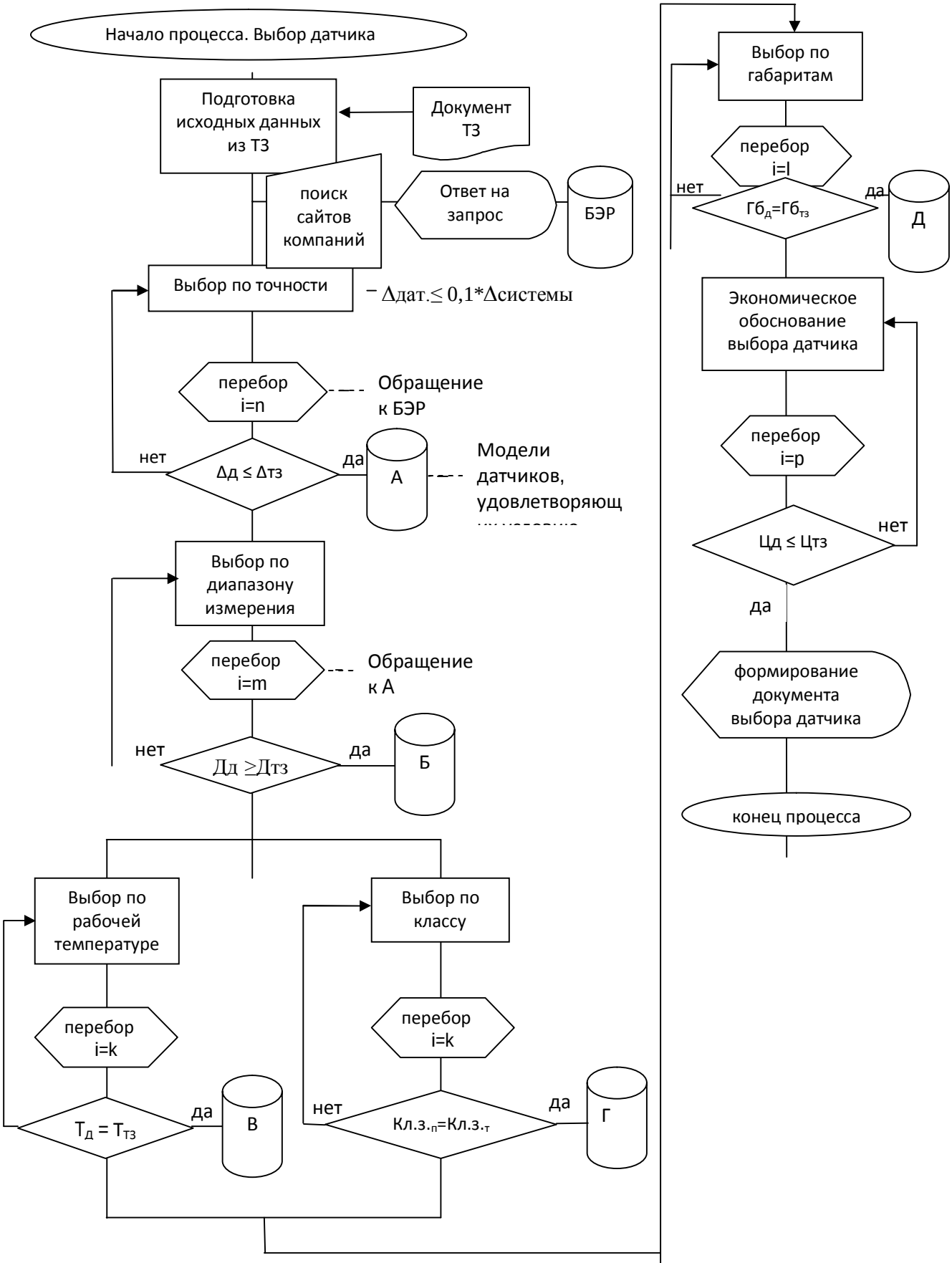


Рисунок. Блок-схема процедуры выбора датчиков

Далее осуществлялся цикл перебора датчиков, включенных в сформированную базу электронных ресурсов, погрешность которых сравнивалась в логическом блоке с требуемой погрешностью датчика согласно техническому заданию. Датчики, которые подходят по условию, помещали в блок, находящийся под соединительной линией «да». Так была сформирована база А. Если условие не выполнялось, то по соединительной линии «нет» возвращались к блоку выбора по точности.

Аналогично проводился выбор по следующему параметру – диапазону измерения. Далее проводился выбор по дополнительным параметрам – диапазону рабочих температур, степени защиты, габаритам. Окончательное решение о выборе датчика определялось экономическим обоснованием. Таким образом, достигается цель выбора датчика линейного перемещения.

Литература

1. Датчики. Справочник / Под ред. З.Ю. Готры, О.И. Чайковского. – Львов: Камерян, 1995. – 310 с.
2. Митропольская Т.Г. О классификации датчиков линейного перемещения // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Труды молодых ученых. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – Вып. 1. – С. 100–102.
3. Технический контроль в машиностроении. Справочник проектировщика / Под ред. В.Н. Чупырина, А.Д. Никифорова. – М.: Машиностроение, 1987. – 512 с.

Михеевская Елизавета Николаевна
Год рождения: 1987
Факультет точной механики и технологии, кафедра технологии приборостроения, группа 6657
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: mixei_@mail.ru

УДК 004

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОИСКА ИНФОРМАЦИИ ПО ЭЛЕКТРОМОНТАЖУ

Е.Н. Михеевская
Научный руководитель – д.т.н., профессор Д.Д. Куликов

В работе был проведен анализ структуры и способов представления информации в области электромонтажа, размещенной в сети Интернет, на основании которого выработаны требования к эффективному специализированному поисковому сервису, на основе собранной информации был создан тематический каталог Интернет-ресурсов в области электромонтажа.

Разработаны модели и алгоритмы работы системы: тематической коллекции веб-документов и модулей ее пополнения, модуля поиска файлов данных по электромонтажу, также в работе была разработана методика поиска в сети Интернет веб-страниц по электромонтажу.

Разработан веб-сервис поиска в сети Интернет файлов данных по электромонтажу, разработан электронный каталог на основе собранных данных. Разработанный веб-сервис состоит из двух основных частей поисковой системы и электронного каталога данных.

Любая поисковая система содержит три базовых части:

1. робот (краулер, спайдер, индексатор) – извлечение и накопление данных документов;
2. база данных – обработка полученных данных и создание данных, пригодных для поиска;
3. клиент – обработка запросов (поиск по созданным данным).

Также созданная поисковая система содержит фильтр, с помощью которого организован вертикальный поиск.

В работе проведены экспериментальные исследования, подтверждающие работоспособность и эффективность разработанной системы. Существуют четыре основных критерия оценки поисковой системы:

1. контроль полноты охвата информации;
2. контроль достоверности информации, полученной из Сети (точность);
3. высокая скорость проведения поиска;
4. удобство, понятность и прочие субъективные критерии.

По всем этим критериям созданная система по запросу, связанному с электромонтажом, лучше, чем существующие поисковые системы.

Полную версию сервиса можно посмотреть по адресу http://crawlertis.appspot.com/search.

Нероденко Александр Валентинович
Год рождения: 1987
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа 6303
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
Оптические приборы
e-mail: anerodenko@stpr.ru

УДК 681.7.07

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «ОПТИЧЕСКИЙ ИЛЛЮСТРАТОР» В СРЕДЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ

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

Введение. Современные оптико-механические приборы представляют собой сложные технические устройства, построенные на основе использования разнообразных свойств световой энергии, электронно-оптических систем и точных механизмов.

Создание таких механизмов и систем базируется на результатах фундаментальных и прикладных исследований и сводится к проектированию и конструированию. Они взаимосвязаны и дополняют друг друга.

Разработка оптических и оптико-механических приборов немыслима без этапа создания принципиальных, конструктивных, математических и прочих видов схем. В настоящее время для создания таких схем активно используются различные системы автоматического проектирования (САПР), которые значительно ускоряют и облегчают эту работу.

Процесс создания схем оптических устройств очень трудоемкий из-за специфики оптических деталей и комплексов деталей. Для грамотного создания таких схем

необходим определенный уровень знаний и достаточный навык, чтобы эффективно реализовать необходимый спектр задач.

Содержательная часть. Существует широкий спектр оптических схем и элементов, которые сопровождают как процессы создания приборов, так и просто материалы – различные учебники, учебно-методические пособия, рисунки в отчетах и описаниях лабораторных работ.

Выполнение любой из оптических схем в САПР – процесс достаточно трудоемкий, поскольку эти схемы состоят из сложных элементов, создание каждого из них требует не только соответствующего уровня знаний, но и определенного навыка.

Кроме того, выполнение этих схем в САПР требует больших временных затрат, поскольку элементы не состоят из одной линии, а состоят из определенного набора линий, расположенных нужным образом.

Оптическая система – есть не что иное, как совокупность оптических деталей, установленных в положении, заданном расчетом и конструкцией. В свою очередь, оптические детали разделяются на следующие виды: линзы, зеркала, призмы и клинья, дифракционные решетки, сетки, светофильтры, защитные стекла, поляризационные призмы, компенсаторы, световоды.

В качестве узлов рассматриваются части, состоящие из деталей, соединяемых склеиванием или устанавливаемых на оптическом контакте, а также объективы, окуляры, сложные (составные) призмы и типовые призменные системы.

Целью работы являлась разработка пакета программ «Оптический иллюстратор» в среде САПР, предназначенного для автоматизированного выполнения эскизов оптических элементов, наборов элементов, схем и наборов схем. Задачи, решаемые программой: автоматическое выполнение эскиза детали по заданным размерным параметрам, либо выбор готового элемента без соблюдения параметров (схематично), либо введение дополнительных обозначений, часто используемых при выполнении оптических схем.

Кроме того, в программе должны быть реализованы:

– функция вставки рамки для составления конструкторской документации;
– функция создания слоев.

Результат работы программы – оптическая схема или набор оптических элементов (схем) любой степени сложности, выполненная пользователем по параметрам, заданным самим пользователем.

В набор элементов должны быть включены все основные оптические элементы – линзы, призмы, зеркала, сетки, диафрагмы, плоскопараллельные пластинки, клинья. В разрабатываемой программе должно быть учтено также то, что пользователю может быть нужно отображение таких элементов, как линзы или зеркала либо схематично, либо более подробно. Также должна быть учтена возможность проведения лучей и линий.

Меню программы следует выполнить таким образом, чтобы в главном меню предоставлялся удобный выбор оптического элемента, нужного пользователю, и в зависимости от этого выбора далее появляется соответствующий пункт меню.

В программе должны быть реализованы:

– ввод основных оптических элементов;
– ввод дополнительных надписей для пояснений;
– ввод таких элементов, как осветительная система;
– возможность проведения лучей (со стрелками и без них) в оптической системе;
– возможность описания эскизов и подробно – для линзы и зеркала;
– вставка рамки;
– создание слоев – по группам и пользовательским категориям.

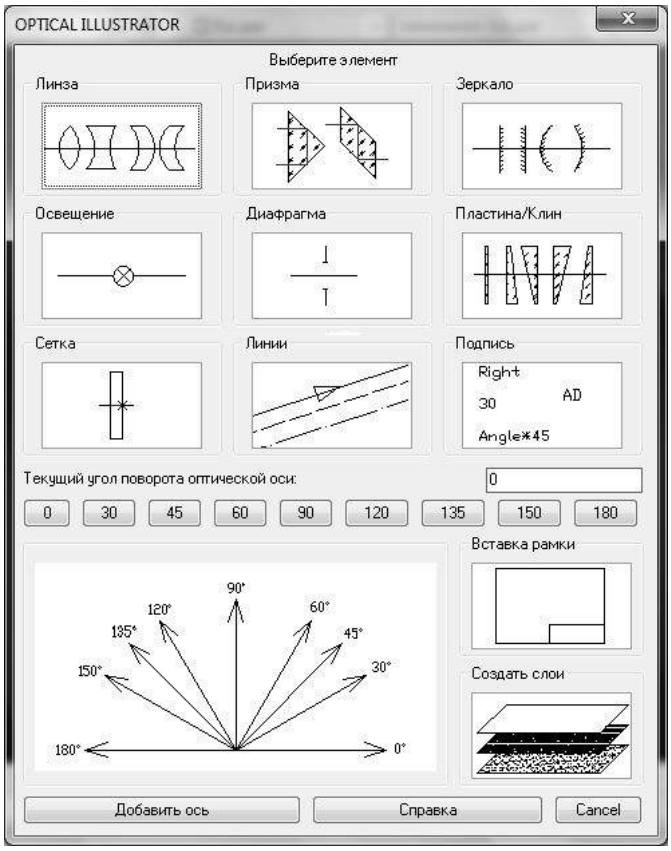


Рисунок. Основное меню программы

В результате работы было проведено исследование номенклатуры оптических схем и эскизов, выявление типовых образов, наиболее применяемых в оптическом приборостроении и в сфере образования. По результатам исследования была проведена разработка программного комплекса, который обеспечивает:

- отображение эскизов выбранных элементов по заданным пользователем параметрам;
- предусмотрено выполнение всех требуемых задач;
- программа оснащена подсказками пользователю для удобной и понятной работы;
- в программе установлена проверка вводимых данных на случай неправильного ввода (при неправильном вводе программа оповещает пользователя об ошибке).

Разработанный пакет программ позволил упростить выполнение оптических схем различных приборов и ускорить процесс приблизительно в 3–5 раз.

Литература

1. Латыев С.М. Конструирование точных (оптических) приборов: Учебное пособие. – СПб: Политехника, 2007. – 579 с.
2. Панов В.А., Кругер М.Я., Кулагин В.В. и др. Справочник конструктора оптико-механических приборов.– 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1980. – 742 с.
3. AutoCAD-koding-Arts / Levin's, 2006 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.levins.land.ru/, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
4. Сайт поддержки пользователей САПР под редакцией Виктора Ткаченко В.Б., 2007 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cad.dp.ua/, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
5. Толстоба Н.Д., Цуканов А.А. Проектирование узлов оптических приборов. – СПб: СПб ГИТМО (ТУ), 2002. – 128 с.

6. Латыев С.М., Егоров Г.В., Митрофанов С.С. Основы конструирования оптических приборов – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://de.ifmo.ru/bk_netra/start.php?bn=46, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
7. Цуканова Г.И. Прикладная оптика. Ч. 1. Конспект лекций. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 108 с.
8. Цуканова Г.И. и др. Прикладная оптика. Ч. 2: Учебно-методическое пособие / Под ред. профессора А.А. Шехонина. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2003. – 77 с.
9. Кривовяз Л.М., Пуряев Д.Т., Знаменская М.А. Практика оптической измерительной лаборатории. – М.: Машиностроение, 1974. – 333 с.
10. Погарев Г.В. Юстировка оптических приборов. – Л: Машиностроение, 1982. – 236 с.
11. Бурмистров Ф.Л. Точная фотография. – М.-Л.: Оборонгиз, 1939. – 324 с.
12. Окатов М.А., Окатова А.А., Байгожин А. и др. Справочник технолога-оптика.– СПб: Политехника, 2004. – С. 409–429.
13. Плотников В.С., Варфоломеев Д.И., Пустовалов В.Е. Расчет и конструирование оптико-механических приборов. – М. Машиностроение, 1983. – С. 143–148.
14. Ландсберг Г.С. Оптика: Учебное пособие для физических специальностей вузов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 848 с.
15. Форум пользователей AutoCAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://forum.dwg.ru, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. рус.

Павлов Антон Владимирович
Год рождения: 1988
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторнига, группа 6212
Направление подготовки:
223200 Техническая физика
e-mail: Pavlov_Anton_88@mail.ru

УДК 504.062

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

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

На сегодняшний день уровень перспектив энергосбережения в нашей стране огромен и напрямую зависит от рационального использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и энергетической эффективности объекта потребления этих ресурсов. В первую очередь, речь идет о контроле расхода ресурсов, умении управлять этими расходами, чтобы они приносили максимальный эффект потребителю.

Уровень эффективности энергоиспользования является своего рода индикатором научно-технического и экономического потенциала страны, позволяющего минимизировать издержки общества на удовлетворение своих энергетических потребностей. Высокая энергоемкость экономики России – это одна из наиболее важных причин слабой ее конкурентоспособности. По величине расхода 1 кг условного топлива на один доллар валового внутреннего продукта (ВВП) Россия отстает от ведущих стран мира. Если в Дании расход составляет 0,2 кг условного топлива /1$, то в России этот показатель близок к значению 0,85 [6].

По федеральному закону [5] к концу 2012 г. различным учреждениям и организациям определенным законодательством предписано пройти обязательное энергетическое обследование (ЭО) с целью повышения энергетической эффективности.

В частности, бюджетным организациям предписано ежегодное снижение энергопотребления не менее чем на три процента в год от уровня потребления 2009 г. По результатам ЭО на организацию должно осуществляться составление энергетического паспорта и дальнейшая его передача в Минэнерго. Данная процедура должна выполняться периодически с временным интервалом, установленным современным законодательством [4, 5].

Выполнение данного закона в отношении бюджетной организации Калужского областного суда (объекта обследования) являлось предметом работы автора.

В эксплуатации объекта обследования находились два здания (рисунок), которые являлись основными потребителями топливно-энергетических ресурсов организации. Здания выполнены из современных инженерных систем общим суммарным объемом более 50 000 куб.м.

Целью работы являлось определение и повышение энергетической эффективности зданий объекта в отношении потребляемых ресурсов, в соответствии с этим необходимо было выполнить следующие задачи:

1. получить объективные данные об объемах используемых энергетических ресурсов;
2. определить показатели энергетической эффективности;
3. выявить потенциал энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
4. разработать перечень типовых, общедоступных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, проведение их стоимостной оценки и сроков окупаемости.

Рисунок. Фасад здания объекта обследования

Для выполнения поставленных целей и задач было проведено полное (документальное, инструментальное) первичное ЭО зданий объекта, которое условно можно разделить на следующие этапы:

1. сбор необходимой документации и информации об объекте обследования;
2. инструментальное обследование с выездом на объект;
3. обработка и анализ полученных данных;
4. установление приоритетных направлений энерго- и ресурсосбережения с определением очередности капиталовложений.

Проведение работы выполнялось в соответствии [1, 3]:

- методикой и правилами проведения инструментального и документального энергетического обследования предприятий и организаций;
- методами и средствами повышения энергетической эффективности объектов потребления ТЭР.

На основании существующих правил и методов ЭО установлены необходимые параметры и показатели для определения энергетической эффективности зданий и сооружений [2], а также порядок и методика их определения. На основании измеренных параметров и рассчитанных показателей энергетической эффективности определен потенциал ресурсо- и энергосбережения отдельно по каждой системе снабжения зданий. С учетом полученных результатов были рекомендованы соответствующие мероприятия по повышению энергетической эффективности зданий по различным системам ресурсо- и энергоснабжения, произведена оценка их экономической целесообразности и примерные сроки окупаемости.

При проведении последующих аналогичных ЭО возможно дальнейшее использование данного материала и полученных результатов. В связи с тем, что область применения достаточно новая для нашей страны, то существует перспективы развития в области проведения ЭО, а также в области определения и повышения показателей энергетической эффективности.

Основные результаты исследований, изложенные в работе:

1. определены состав и объемы энергоресурсов, потребляемые объектом обследования;
2. определены наиболее энергоемкие системы объекта;
3. выявлены участки наибольших потерь энергоресурсов;
4. установлена эффективность использования топливно-энергетических ресурсов;
5. определены пути повышения энергетической эффективности основных энергоемких систем;
6. рекомендованы соответствующие мероприятия энергосбережения и повышения энергоэффективности, произведена оценка их экономической целесообразности и примерные сроки окупаемости;
7. получено экспертное заключение по контролю качества отчетной документации, произведена регистрация энергетического паспорта в саморегулированной организации.

Литература

1. Афонин А., Коваль Н., Сторожков А., Шароухова В. Методика проведения энергетических обследований предприятий и организаций // Сборник нормативно-правовых актов по энергосбережению Ульяновской области. – Ульяновск: ИЦ «Пресса», 1999. – 116 с.
2. ГОСТ 31427-2010. Здания жилые и общественные. Состав показателей энергетической эффективности. – Введ. 01.01.2012. – М.: Стандартинформ, 2011. – 12 с.
3. Правила проведения энергетических обследований организаций. – М.: Минтопэнерго РФ, 1998. – 22 с.
4. Приказ Минэнерго России от 19.04.10 № 182. Об утверждении требований к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования, и энергетическому паспорту, составленному на основании проектной документации, и правил направления копии энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования.
5. 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.
6. Щелоков Я.М., Данилов Н.И. Энергетическое обследование: Т. 1. Теплоэнергетика. Справочное издание. – Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 264 с.

Примаков Константин Игоревич
Год рождения: 1989
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга,
группа 6212
Направление подготовки:
223200 Техническая физика
e-mail: kiprimakov@hotmail.com

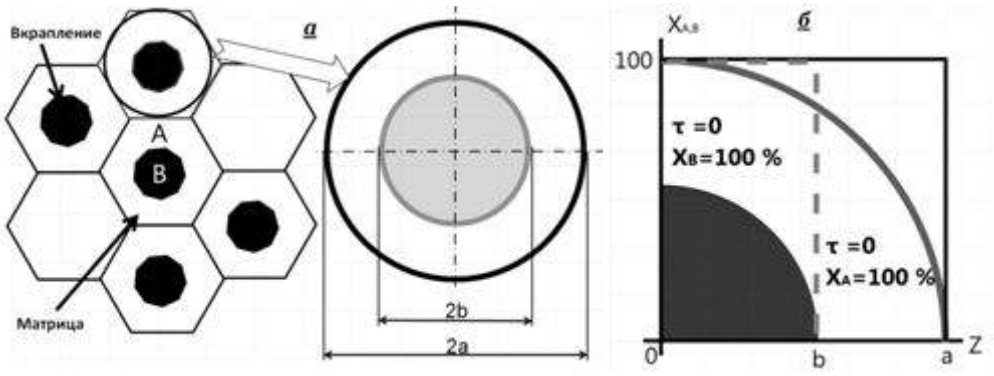
УДК 536.212, 544.034.23

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ДИФФУЗИОННЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ КОМПОНЕНТОВ

К.И. Примаков
Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Ю.П. Заричняк

Получение веществ и материалов с заданными свойствами – крайне важный аспект в современном машиностроении и военно-промышленном комплексе. Сейчас насчитывается несколько миллионов различных веществ, смесей, композиционных материалов и с каждый годом это число увеличивается еще на десятки тысяч. Все больше таких новых материалов разрабатывают для эксплуатации в экстремальных условиях (высоких/низких температур и давлений), когда начальные свойства композитов изменяются в процессе изготовления или эксплуатации, что требует значительных затрат на изготовление образцов, экспериментальное изучение свойств и обработку результатов измерений.

Основной задачей работы была разработка методики, и создание алгоритмов расчета полей концентрации диффузионно-взаимодействующих компонентов – прессованных смесей двух порошков с неограниченной растворимостью компонентов, спекаемых в процессе изотермического отжига, локальной и средней теплопроводности диффузионного слоя и эффективной теплопроводности композита. Алгоритмы расчета реализованы в современном математическом прикладном пакете программ MATLAB. Проведены контрольные расчеты, определены границы применимости и погрешности методики.



а б

Рис. 1. Модель структуры прессованного порошкового композита и его элементарная ячейка (а); восьмая часть модели прессованного порошкового композита (б)

Диффузионный слой представляет собой неограниченный твердый раствор переменной концентрации компонента В (вкрапление) в матричном компоненте А (рис. 1). Диффузионный слой разбивался на множество (от двухсот до нескольких тысяч) тонких слоев, в каждом из которых рассчитывались локальные значения

концентрации взаимодействующих компонентов и их локальные значения теплопроводности. Далее рассчитывалась эквивалентная теплопроводность диффузионного слоя как многослойной пластины для двух направлений – вдоль и поперек многослойной пластины. Их среднеарифметическое значение принималось равной теплопроводности диффузионного слоя, после чего производился расчет эффективной теплопроводности всего композита.

При расчете поля концентрации использовался показатель относительного (безразмерного времени) τ^* – аналог числа Фурье, изменяющийся в пределах от нуля до нескольких единиц (рис. 2–4).

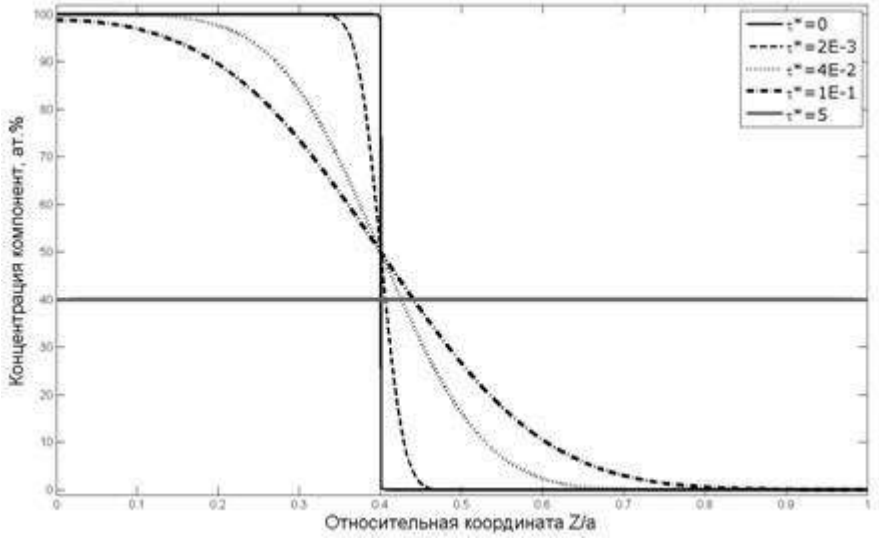


Рис. 2. Изменение поля концентрации в зависимости от показателя τ^*

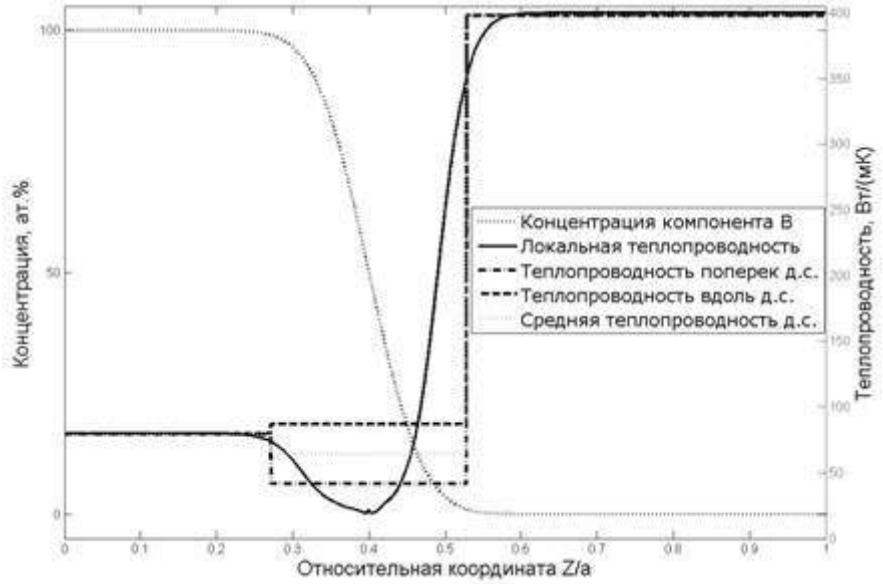


Рис. 3. Поле концентрации, локальная теплопроводность и теплопроводность диффузионного слоя в момент $\tau^*=0,1$

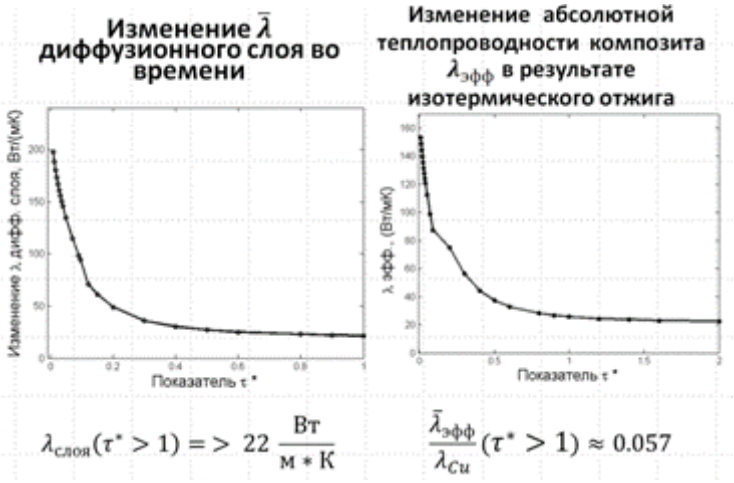


Рис. 4. Графики изменения теплопроводности относительно показателя τ*

В процессе разработки алгоритма были проверены границы применимости решения, соответствующие физическим пределам концентрации компонентов от 0 до 100 атомных процентов.

Погрешность расчета эффективной теплопроводности проверялась на порошковом композите медь-никель и составляла 10–15%, что можно считать приемлемым для прогнозных расчетов теплопроводности прессованных порошковых композитов [1, 2].

Литература

1. Дульнев Г.Н., Заричняк Ю.П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. – Л.: Энергия, 1974. – 264 с.
2. Заричняк Ю.П. Структура, теплофизические свойства и характеристики композиционных материалов и сплавов: Дис. … доктора физико-математических наук: 01.04.14. – Новосибирск: Институт теплофизики СО АН СССР, 1989.
3. Райченко А.И. Диффузионные расчеты для порошковых смесей. – Киев: Наукова думка, 1969. – 102 с.
4. Райченко А.И. Математическая теория диффузии в приложениях. – Киев: Наукова Думка, 1981. – 396 с.
5. Райченко А.И., Федорченко И.М. О вычислении электропроводности двухкомпонентных металлокерамических тел // ФММ. – 1960. – Т. 9. – № 6. – С. 815–822.

Рыков Андрей Владимирович
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологии, кафедра технологии приборостроения, группа 6657
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: rykovandrey@gmail.com

УДК 004

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ДИНАМИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ

А.В. Рыков
Научный руководитель – д.т.н., профессор Д.Д. Куликов

В данной работе проведено исследование методов динамического формирования конструктивных элементов (КЭ) для параметрической модели деталей и разработка собственной системы параметрического моделирования с помощью имеющихся возможностей и инструментов в среде твердотельного моделированного проектирования (CATIA).

В первой главе проведен анализ используемых систем, определяется, что такое параметрическое моделирование, и производится постановка задач.

Во второй главе произведен анализ и исследование методик формирования конструктивных элементов с помощью двух встроенных способов в среде CATIA. Также проведен анализ способов формирования двумерной модели элемента с помощью векторной графики.

Первые два способа реализуются непосредственно средствами, доступными в CATIA и не требуют создания сторонних приложений.

Второй и третий способы являются параметрическими способами, при этом третий способ реализуется на базе встроенного VBA-редактора.

Рассмотрим первый способ, который называется «методом динамического формирования конструктивных элементов с помощью строенной библиотеки элементов».

В данном методе используются возможности встроенной библиотеки элементов. CATIA позволяет формировать собственные каталоги элементов, что в дальнейшем упрощает процесс проектирования при использовании типовых элементов, так как лишает необходимости моделировать с самого начала типовые элементы, позволяя, нарисовав их единожды, добавлять при необходимости в деталь из каталога.

Данный метод является самым простым и доступным при создании библиотеки КЭ для последующего формирования элементов. Однако этот способ лишен быстрого и множественного изменения детали, так как после добавления модели в форму дальнейшее ее изменение происходит через стандартные средства редактирования CAD-модели детали в среде CATIA.

В связи с этим, если необходимо повторно изменять модель, то необходимо заново добавлять модель из библиотеки элементов и снова вводить все необходимые нам параметры. Также, используя данный метод, нельзя передавать автоматически данные из модели в программу системы автоматического проектирования технологического процесса (САПР) для дальнейшего создания технологического процесса (ТП), что является существенным недостатком, с учетом того, что

необходимо на выходе получить XML-файл, содержащий описание получившегося конструктивного элемента.

Вторым методом является «Метод динамического формирования конструктивных элементов с помощью Exsel-таблицы параметров».

В этом способе вместо библиотеки элементов используется модель КЭ со связанной с ней Exsel-таблицей, в которой хранятся имена изменяемых параметров и наборы возможных вариантов этих параметров.

Данный способ, в отличие от первого, является параметрическим способом, так как вначале необходимо создать все параметры и прикрепить их к размерам, имеющимся на модели КЭ, через форму редактирования формул, где существует возможность добавлять параметры и создавать зависимость между этими параметрами и геометрическими элементами, такими как длина, угол и прочее.

Достоинством данного способа является простота добавления новых вариантов наборов параметров уже в имеющуюся таблицу, так как не требует никаких навыков программирования, но при этом основное направление – использование этого метода для типовых унифицированных элементов, таких как винт или гайка, для которых существуют принятые ГОСТом типоразмеры. Их не сложно добавить в таблицу, и потом менять модель, лишь переключая набор элементов в таблице. При этом данный метод все также не позволяет на выходе получить XML-файл, содержащий все необходимые параметры для передачи в программы САПР-ТП, и при использовании в связке с формой ввода параметров, сделанной с помощью встроенного VBA-редактора, требует также необходимость работы с имеющейся Exsel-формой, что усложняет процесс взаимодействия системы с файлами CATIA.

В третьей главе описан процесс разработки автором системы параметрического моделирования с помощью встроенного в CATIA языка VBA.

Система представляет собой средство для динамического проектирования конструктивных элементов в среде CATIA с возможностью передачи полученных параметров в программу САПР-ТП для проектирования ТП обработки этих элементов.

Помимо этого, так как не всегда существует необходимость или возможность создания трехмерной модели, программа позволяет посмотреть двумерную модель получившегося КЭ. Это существенно сокращает процесс и время проектирования типовых элементов в процессе создания КЭ, а также в дальнейшем облегчает процесс изучения получившегося элемента в совокупности с его текстовым описанием в виде XML-разметки.

В заключение можно сказать, что в ходе данной работы был разработан и интегрирован в систему CATIA модуль параметрического моделирования деталей с формированием XML-файла и SVG-файла.

XML-файл содержит информацию об элементе в виде текста с использованием блок-параметров, принятых для описания детали в системе формирования ТП. Примером подобной системы является программа ТИС-Процесс.

SVG-файл содержит двумерное изображение элемента, выполненное с помощью векторной графики.

Использование параметрических моделей позволяет повысить уровень автоматизации, так как полученные данные имеют стандартную XML-разметку и могут быть сразу же использованы системами формирования ТП, такими как ТИС-Процесс.

Двумерная модель позволяет использовать разработанный модуль и без наличия системы CATIA, так как результаты работы могут быть просмотрены в виде 2D-изображения в любом браузере или программе для просмотра векторной графики.

Разработанные алгоритмы формирования 2D-изображения могут быть взяты за основу и использованы в дальнейшем для создания Web-ориентированной системы динамического формирования КЭ.

Салахутдинова Евгения Сергеевна
Год рождения: 1989
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга, группа 6212
Направление подготовки:
223200 Техническая физика
e-mail: salakhutdinova.e@gmail.com

УДК 536.531:531.787:532.574

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОГРЕШНОСТИ СЕНСОРОВ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛОВОГО ПОТОКА

Е.С. Салахутдинова
Научный руководитель – д.т.н., профессор Н.В. Пилипенко

Введение. В современном мире процессы теплообмена сопровождают практически все технологические процессы и функционирование различных изделий, поэтому решение проблем нестационарной теплометрии встает все более остро. Но важно не только уметь восстанавливать тепловые потоки на поверхности объекта исследования, но и иметь представление, о том насколько достоверны данные значения. Важную роль в данном случае играет определение методической погрешности метода.

В работе были поставлены следующие задачи:

- разработать алгоритм и программу нахождения совместных доверительных областей (СДО) или интервалов (СДИ) для различных типов датчиков на примере датчиков Гардона, Геращенко и типа двухсоставной неоднородной стенки с идеальным контактом;
- построение дифференциально-разностной модели во всех интервалах действия;
- оценка суммарной величины погрешности для метода восстановления теплового потока с помощью параметрической идентификации нестационарных тепловых процессов с использованием фильтра Калмана.

Основные результаты. В работе рассмотрена методическая погрешность решения обратной задачи теплопроводности методом параметрической идентификации с использованием фильтра Калмана. Методическая погрешность данного метода имеет сложную структуру. Общая схема методической погрешности представлена на рис. 1.

Рис. 1. Структура методической погрешности метода

Основными факторами, влияющими на величину погрешности метода, являются:

- погрешности, вызываемые тепловым сопротивлением приемника (преобразователя) теплового потока (ПТП), которые могут быть оценены расчетным путем при использовании дифференциально-разностной модели (ДРМ);
- погрешность из-за искажений, вносимых ПТП в условия теплообмена и температурное поле объекта исследований;
- погрешность приведения восстановленных значении $q(\tau)$ к исследуемой поверхности;
- погрешность градуировки ПТП и ряд других.

В качестве метода исследования использовался метод построения СДО или СДИ для получаемых оценок составляющих и вектора искомых параметров на каждом из участков кусочно-линейной B-сплайн-аппроксимации искомой плотности теплового потока.

Параметризация выполняется путем кусочно-линейной B-сплайн-аппроксимации теплового потока, а в качестве стратегии идентификации выбрано последовательное оценивание (2×1)-вектора искомых параметров.

Для нахождения оптимальных оценок на участке используются алгоритмы фильтра Калмана.

Программа вычисления величины методической погрешности была реализована на основе программы Heat Flow Inspector, разработанной на кафедре компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики. Вычисление СДО и СДИ производилось при решении обратной задачи теплопроводности.

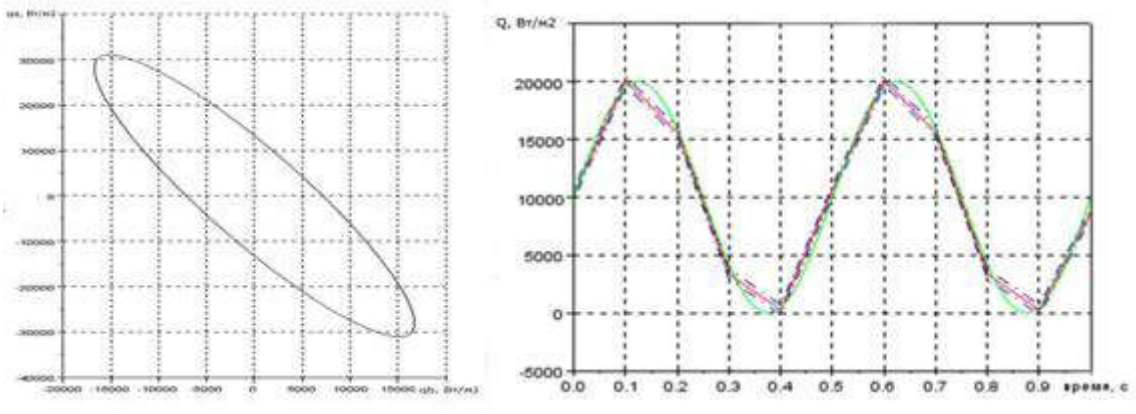
Для предоставления возможности вычислять значения СДО и СДИ и получать данные в графическом виде в интерфейс программы Heat Flow Inspector были добавлены 2 новые опции выбора задачи для решения. Для каждой отдельной задачи может вычисляться СДО или СДИ по отдельности.

Механизм расчета СДО и СДИ выполнен в виде функций, возвращающих соответствующие массивы решений. Расчет СДО и СДИ производился в реальном времени на основе данных, полученных от блока аналого-цифрового преобразователя, подключенного через COM-порт к компьютеру, от сенсоров теплового потока в реальном времени. Расчет производился итерациями через равные промежутки времени.

Для выполнения расчета каждой итерации был выработан следующий алгоритм:

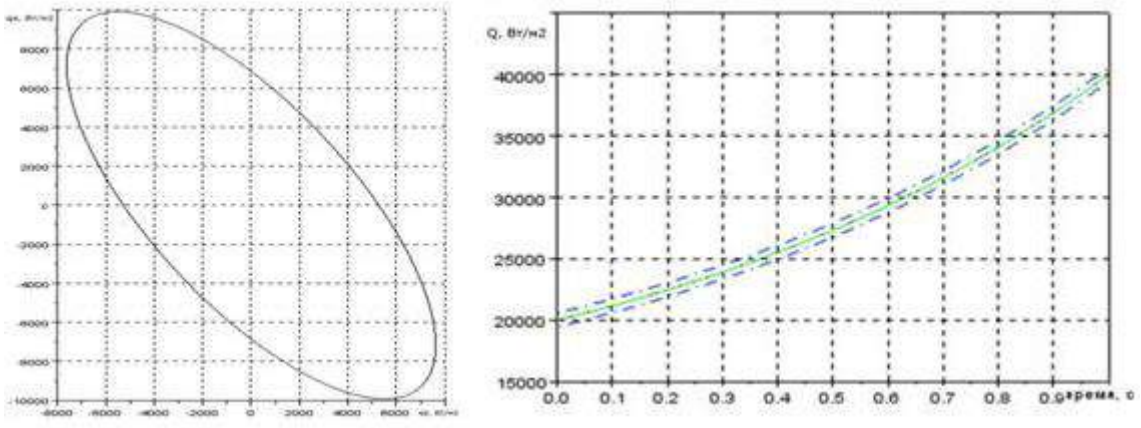
1. на основе матрицы чувствительности строится ковариационная матрица. Диагональные члены матрицы являются дисперсиями оценок искомых параметров, прочие элементы характеризуют взаимную корреляцию этих параметров;
2. на основе ковариационной матрицы выполняется расчет отклонений параметров q_a и q_b;
3. производится вывод результатов в графическом окне решения обратной задачи теплопроводности для результатов расчета СДИ и в отдельном окне для результатов расчета СДО.

С использованием разработанной программы был произведен расчет методических погрешностей восстановления теплового потока на основе модельных данных и анализ его результатов. Модельные данные представляют собой массивы измерений температуры, сформированные по определенному закону. Приведем пример результатов расчета (рис. 2, 3).



а б

Рис. 2. СДО (а) и СДИ (б) для ПТП Гардона для гармонического закона



а б

Рис. 3. СДО (а) и СДИ (б) для ПТП Центрального аэрогидродинамического института (ЦАГИ) для экспоненциального закона

По результатам расчета методическая погрешность для датчиков не превышает 15%. В частности методическая погрешность составляет:

– для ПТП Гардона – 10–12%;
– для ПТП Геращенко – 3–5%;
– для ПТП ЦАГИ – 5–8%.

Основными факторами, влияющими на величину методической погрешности, являются:

– погрешность измерения температуры чувствительного элемента;

– количество измерений температуры на участке сплайн-аппроксимации;
– теплоемкость чувствительного элемента;
– тепловое контактное сопротивление между элементами ПТП.

Выводы. В процессе выполнения выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи.

1. Рассмотрен метод параметрической идентификации как метод решения обратной задачи теплопроводности.
2. Рассмотрен способ параметризации с использованием B-сплайнов в качестве базисных функций, получение оптимальных оценок вектора искомых параметров с помощью алгоритма фильтра Калмана.
3. Разработаны дифференциально-разностные модели для трех типов ПТП.
4. Рассмотрен способ определения погрешности восстановления теплового потока методом параметрической идентификации. Для исследуемых ПТП построены СДО и СДИ результатов параметрической идентификации в различных модельных экспериментах.
5. Разработан алгоритм построения СДО И СДИ в «реальном времени» с учетом погрешностей измерения температуры.

В итоге, описание систем с помощью дифференциально-разностных моделей позволило выработать единую универсальную методику для всестороннего анализа теплопереноса в различных телах. Подобный анализ необходим при проведении измерений температуры или теплового потока, так как позволяет еще на этапе проектирования датчика оценить вносимую им погрешность и его взаимодействие с объектом исследования.

Литература

1. Бут Е.Н. Сплайн-идентификация как метод решения некорректно поставленных обратных задач теплопроводности общего вида // Материалы VI Всесоюзной конф. по тепломассообмену. – 1980. – Т. 9. – С. 128–131.
2. Пилипенко Н.В. Методы параметрической идентификации в нестационарной теплометрии. Ч. 1 // Изв. вузов. Приборостроение. – 2003. – № 8. – Т. 46. – С. 50–54.
3. Пилипенко Н.В. Методы параметрической идентификации в нестационарной теплометрии. Часть 2 // Изв. вузов. Приборостроение. – 2003. – № 10. – Т. 46. – С. 67–71.
4. Пилипенко Н.В. Нестационарная теплометрия на основе параметрической идентификации дифференциально-разностных моделей теплопереноса в одномерных приемниках: Автореф. дис. … докт. техн. наук. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 35 с.

Сахаров Андрей Алексеевич
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологий, кафедра технологии приборостроения, группа 6657
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: andreys656@gmail.com

УДК 531.7

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ НА КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ GLOBAL DEA

А.А. Сахаров
Научный руководитель – к.т.н., доцент Ю.Н. Фомина

В работе были рассмотрены методы контроля деталей сложной конфигурации на координатно-измерительных машинах (КИМ). В настоящее время квалификация контролеров и операторов отделов технического контроля приборостроительных предприятий зачастую не позволяет внедрять современные методы и средства измерений. Возможность контроля и достоверность измерений напрямую зависят от опыта и внимательности операторов. Для исключения такой зависимости была разработана методика выделения конструкторско-технологических элементов (КТЭ), которая позволяет автоматизировать процесс контроля.

Созданная методика заключается в том, что каждому КТЭ соответствует одна шаблонная программа измерения. Измеряемая деталь разделяется на КТЭ, которые учитывают все необходимые контролируемые параметры. Загрузив из базы данных шаблонные программы для каждого КТЭ, создается комплексная программа измерения. Благодаря такому методу контроля минимизируется влияние оператора на качество контроля, так как используются готовые методики измерения. При этом уменьшается время подготовки измерительной программы.

КТЭ формируются из геометрических элементов и разработанных технологических правил контроля. Такие правила учитывают особенности составления программ измерения в программном обеспечении КИМ и методы контроля того или иного параметра детали.

Работа ориентировалась на КИМ Global Dea и деталях типа крыльчатка, предоставленных предприятием ОАО «Техприбор».

По созданной методике были полностью разделены все рассматриваемые детали. При этом такая методика может также применяться для деталей других типов.

Также были проанализированы методы закрепления деталей-представителей и рассмотрена различная оснастка. Сделан вывод о целесообразности применения той или иной оснастки для качественного контроля всех параметров рассматриваемых деталей.

В ходе работы был приведен анализ современных КИМ, представленных на российском рынке. В ходе сравнения разных моделей были сформированы критерии, которые необходимо учитывать при выборе машины. Дано заключение, какая из рассмотренных моделей КИМ наилучшим образом подходит для решения поставленных задач.

Результаты работы имеют практическую значимость и предполагают дальнейшее использование для улучшения качества контроля изделий на предприятии ОАО «Техприбор». Настоящая работа может быть использована для автоматизации работы отделов технического контроля приборостроительных предприятий.

Сергеев Дмитрий Сергеевич
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологии, кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии, группа 6665
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: dmt.sergeev@gmail.ru

УДК 62-791.2

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ТЕПЛОВИЗИОННОГО И ВИБРАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК ТРАНСПОРТНО-УСТАНОВОЧНОГО АГРЕГАТА РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ «СОЮЗ»

Д.С. Сергеев
Научный руководитель – д.т.н., гл.н.с. А.В. Федоров

Основным условием решения любой из задач в области космической деятельности является гарантированная возможность проведения запусков космических аппаратов, которая, прежде всего, определяется состоянием объектов наземной космической инфраструктуры (НКИ). Большинство из этих объектов являются уникальными и относятся к числу потенциально опасных, а их элементы, например насосные агрегаты, относятся еще и к разряду критичных. Следует отметить, что степень критичности насосных агрегатов стартовых и технических комплексов возрастает в связи с продолжающейся длительной (несколько десятков лет) их эксплуатацией за пределами назначенных ресурсов и сроков службы.

При этом обеспечение надежности и безопасности насосных агрегатов может быть достигнуто на основе оценки их фактического технического состояния (ТС) и прогнозирования остаточного ресурса по результатам контроля. Вместе с тем, следует отметить, что использование одного отдельно взятого метода контроля технического состояния насосного агрегата не обеспечивает требуемой достоверности его результатов.

На основании изложенного можно сделать вывод об актуальности решения научно-технической задачи по разработке методики комплексного применения методов тепловизионного и вибрационного контроля.

Объектом исследования в данной работе являлись вибрационные и тепловые методы контроля технического состояния насосных агрегатов.

Предметом исследования стало комплексное применение методов тепловизионного и вибрационного контроля.

Целью работы явилась разработка комплексной методики вибрационного и теплового контроля, позволяющего повысить достоверность результатов оценки текущего технического состояния насосных агрегатов.

Ввиду сложности и многоаспектности сформулированной выше общей задачи исследований, в работе она декомпозирована на ряд следующих частных задач, последовательное решение которых позволило достичь поставленной цели:

- анализ типовых дефектов электродвигателей и подшипниковых узлов насосных агрегатов;
- анализ определения зон тепловой активности элементов насосной станции;
- анализ характеристик типовых дефектов по результатам виброконтроля;

– разработка методики комплексного применения методов тепловизионного и вибрационного контроля технического состояния насосных установок транспортно-установочного агрегата «Союз»;
– апробация методики комплексного применения методов тепловизионного и вибрационного контроля технического состояния насосных установок транспортно-установочного агрегата (ТУА) ракеты-носителя (РН) «Союз».

Научная новизна работы состоит в классификации зон тепловой активности.

Практическая значимость состоит в разработке методики, позволившей обеспечить достоверность результатов контроля при сокращении временных и финансовых затрат на его проведение.

Достоверность полученных результатов подтверждается апробацией методики на примере насосных установок ТУА 8У219 РН «Союз».

Методика комплексного применения тепловизионного и вибрационного методов контроля для оценки технического состояния насосных установок состояла из следующих этапов:

1. Разработка алгоритма комплексного применения методов тепловизионного и вибрационного контроля. На рис. 1 представлена блок-схема алгоритма комплексного применения методов неразрушающего контроля (НК).

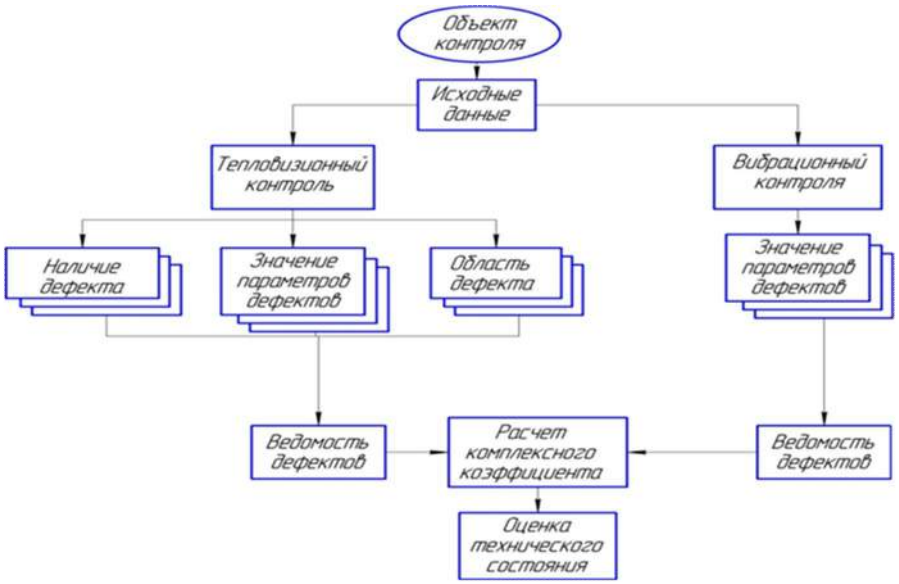


Рис. 1. Блок-схема алгоритма комплексного применения методов НК

2. Расчет относительных значений параметров контроля:

$$\overline{V}=\frac{V-\Delta}{[V]};\quad \overline{S}=\frac{S-\Delta}{[S]};\quad \overline{T}=\frac{T-\Delta}{[T]}. \qquad (1)$$

где V – виброскорость; S – виброперемещение; T – температура; Δ – инструментальная погрешность; $[T]$, $[S]$ и $[V]$ – предельно допустимые значения.

3. Расчет комплексного коэффициента технического состояния

$$K=\left(\frac{\overline{V}+\overline{S}}{2}\right)\overline{T}. \qquad (2)$$

4. Оценка технического состояния

Критерии оценки	$K < 1$	работоспособное состояние
	$K \geq 1$	неработоспособное состояние

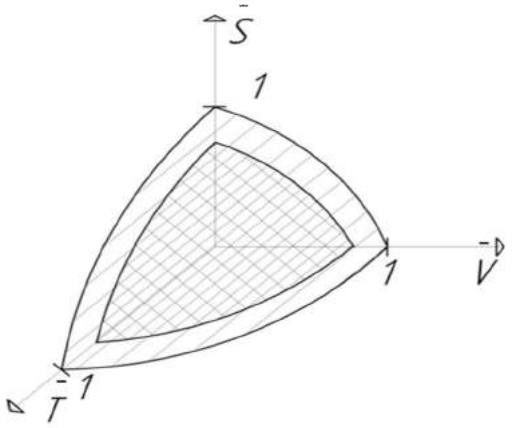


Рис. 2. Область определения допустимых значений

Оценка ТС выполняется путем сравнения значения коэффициента с условие: $K < 1$, если значение выполняется, то техническое состояние объекта контроля удовлетворяет требованиям и все элементы насосных установок находятся в работоспособном состоянии. Если $K \geq 1$, то это говорит о неисправности элементов насосных установок и требует замены или ремонта. Разработанная методика была использована при контроле насосных установок ТУА 8У219 РН «Союз».

Литература

1. Новак С.М., Логвинец А.С. Защита от вибрации и шума в строительстве. Справочник. – Киев: Будивэльнык, 1990. – 184 с.
2. ГОСТ 20815-93 (МЭК 34-14-82). Машины электрические вращающиеся. Механическая вибрация некоторых видов машин с высотой оси вращения 56 мм и более. Измерение, оценка и допустимые значения. – М.: Издательство стандартов, 1996. – 10 с.
3. ИСО 2372-74. Станки. Правила оценки механической вибрации при рабочих скоростях от 10 до 200 об/с. – М.: Издательство стандартов, 1976. – 14 с.
4. Власов А.Б. Модели и методы термографической диагностики объектов энергетики. Учебник. – М.: Колос, 2006. – 279 с.
5. Подшипники качения: справочник-каталог. Черменский О.Н., Федотов Н.Н. – М.: Машиностроение. – 2003. – 575 с.
6. Общий каталог SKF. – STD, 2006. – 1129 с.
7. РД 34.45-51.300-97. Объем и нормы испытаний электрооборудования / Под общ. ред. Б.А. Алексеева, Ф.Л. Когана, Л.Г. Мамиконянца. – 6-е изд., с изм. и доп. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001. – 256 с.
8. Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования / Под ред. Ф.Л. Когана. – М.: АО «Фирма ОРГРЭС», 1998. – 493 с.
9. РД 153-34.0-20.364-00. Методика инфракрасной диагностики тепломеханического оборудования электростанций, строительных и промышленных сооружений / Под общ. ред. С.А. Бажанова. – М.: АО «Фирма ОРГРЭС», 2003. – 54 с.

Сонькин Алексей Сергеевич
Год рождения: 1988
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга, группа 6212
Направление подготовки:
223200 Техническая физика
e-mail: zoya.s@onego.ru

УДК 536.212, 544.034.23

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ОПТИЧЕСКОГО ТЕЛЕСКОПА

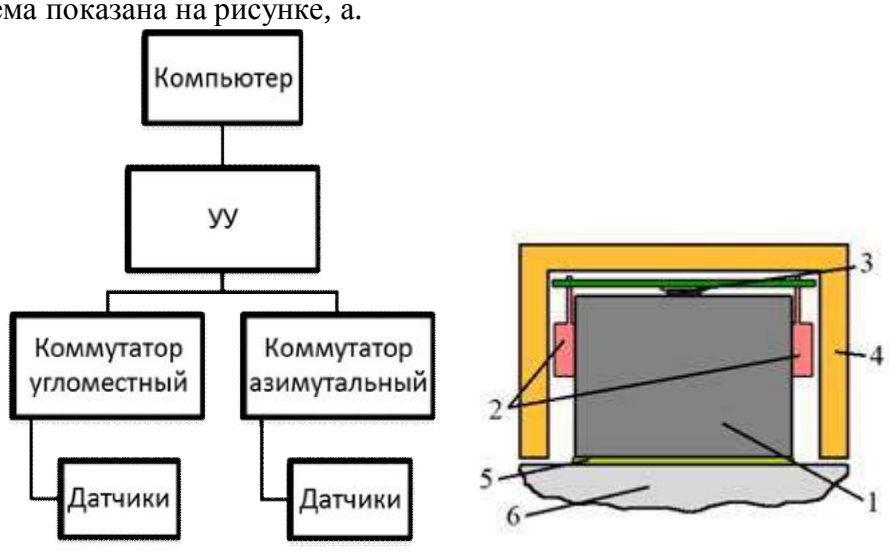
А.С. Сонькин
Научный руководитель – к.т.н., ассистент Д.С. Макаров

Любой современный научный телескоп должен иметь очень хорошую систему наведения. Для этого нужен точный и мощный двигатель и устройство определения текущей ориентации телескопа – на новом телескопе ТИ-3.12м оптические датчики угловых перемещений без подшипников, где измеряющими элементами являются блоки считывающих головок и интерполяторы к ним. Телескоп в процессе активной работы контактирует с воздухом окружающей среды, температура которого может изменяться в широких пределах.

Цель работы – обеспечение теплового режима блока считывающих головок и интерполяторов к ним в пределах их допустимого диапазона рабочих температур, а также предложение схемы системы обеспечения централизованного контроля их температуры и установки режимов термостатирования с центрального компьютера по локальной вычислительной сети.

Ввиду больших размеров телескопа датчики разнесены в пространстве. Центральный компьютер также удален от телескопа на расстояние порядка сотни метров.

Предложена иерархическая схема подключения датчиков к устройству управления, связанному через локальную сеть с центральным компьютером, через блок коммутаторов, который осуществляет временное хранение и преобразование данных, а также согласование протоколов между датчиками и устройством управления (УУ). Данная схема показана на рисунке, а.



а б

Рисунок. Схема системы климат-контроля (а); схема устройства обогрева (б)

Устройство обогрева выполнено как двухпозиционный подогревной термостат, собранный на одной печатной плате. Схема показана на рисунке, б. В качестве нагревателей 2 использованы мощные толстопленочные резисторы в корпусе ТО-220, который позволяет осуществить плотный прижим к поверхности термостатируемого объекта 1. Мощность тепловыделений в одном устройстве составляет 23–24 Вт в зависимости от типа термостатируемого объекта. В качестве датчика температуры 3 и одновременно регулятора применена специализированная интегральная микросхема DS1620, которая кроме встроенного датчика температуры и двухпозиционного регулятора имеет цифровой интерфейс для считывания текущей температуры и задания температуры термостатирования, что облегчает передачу данных на расстояния до нескольких метров без искажений. Устройство обогрева окружено теплоизоляцией 4, препятствующей передаче тепла в окружающий воздух и теплоизоляционной пластиной 5, уменьшающей тепловую связь с металлическим корпусом 6, на который объект закреплен.

В ходе работы были разработаны электрические схемы и к ним печатные платы устройств обогрева трех типов и коммутатора. Платы устройства обогрева собраны и проверены.

Литература

1. Ярышев Н.А., Андреева Л.Б. Тепловой расчет термостатов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1984. – 173 с.
2. Walt Kester, James Bryant, Walt Jung. TEMPERATURE SENSORS // Analog Devices [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.analog.com/static/imported-files/seminars_webcasts/781977449sscsect7.PDF, своб.
3. Drew Gilliam. Temperature Sensors // University of Illinois [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://coecsl.ece.illinois.edu/ge423/sensorprojects/gilliam%20-%20temp%20sensors.pdf, своб.
4. Штрапенин Г.Л. Интегральные датчики температуры фирмы National Semiconductor // Компоненты и технологии. – 2005. – № 3. – С. 46–51.
5. Гребнев В.В. Микроконтроллеры семейства AVR фирмы Atmel. – М.: ИП РадиоСофт, 2002. – 176 с.
6. Кондратьев Г.М., Дульнев Г.Н., Платунов Е.С., Ярышев Н.А. Прикладная физика. Теплообмен в приборостроении / Серия «Выдающиеся ученые ИТМО». – СПб: СПбГУ ИТМО, 2003. – 560 с.
7. Atmel 8-bit Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash [Электронный ресурс] / сайт Atmel. – Режим доступа: www.atmel.com/Images/doc2466.pdf?
8. V, Slew-Rate Limited, Half-Duplex and Full-Duplex RS-485/RS-422 Transceivers [Электронный ресурс] / сайт Analog Devices. – Режим доступа: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADM4850_4851_4852_4853_4854_4855_4856_4857.pdf
9. DS1620 Digital Thermometer and Thermostat [Электронный ресурс] / сайт Dallas Semiconductor. – Режим доступа: http://pdfserv.maxim-ic.com/en/ds/DS1620.pdf
10. IRF7201. HEXFET Power MOSFET [Электронный ресурс] / сайт International Rectifier. – Режим доступа: http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/irf7201.pdf
11. PWR220/PWR221 S Series Shunt Resistor. [Электронный ресурс] / сайт Bourns. – Режим доступа: http://www.bourns.com/pdfs/PWR220S.pdf

12. uA78L00 SERIES. POSITIVE-VOLTAGE REGULATORS [Электронный ресурс] / сайт Texas Instruments. – Режим доступа: http://www.ec66.com/market/sheet/UA78L00.pdf
13. Surface Mount Multilayer Ceramic Capacitors [Электронный ресурс] / сайт Yageo. – Режим доступа: http://www.yageo.com/documents/recent/UPY-GP_NP0_16V-to-50V_8.pdf

Суслова Екатерина Дмитриевна
Год рождения: 1989
Факультет компьютерной технологии и управления,
кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем, группа 6159
Направление подготовки:
211000.68 Конструирование и технология электронных средств

УДК 53.04

ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА РАБОТУ НАВИГАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ТИПА GPS/ГЛОНАСС

Е.Д. Суслова
Научный руководитель – к.т.н. доцент И.Б. Бондаренко

В работе было исследовано влияние солнечной активности на работу навигационных устройств типа GPS/ГЛОНАСС. Данные исследования применимы при анализе и разработке навигационного оборудования. Помогают более глубокому пониманию процессов в межпланетном пространстве, связанных с проявлениями солнечной активности, такими как число солнечных пятен и их групп, вспышки, выбросы коронального вещества. Получен ряд результатов, имеющих непосредственную практическую ценность в области прогнозирования космической погоды, относящихся к установлению причинно-следственных солнечно-земных связей и соответствующей коррекции работы навигационных устройств.

Как известно, Солнце оказывает влияние на внешние слои земной атмосферы. Динамичная, по своей природе, особенно там, где светит Солнце, ионосфера может создавать много шумов, приводящих к потере наземными приемниками связи и блокировок спутников. В зависимости от плотности ионосферы, она может также вызывать задержку сигнала, что спровоцирует ошибку навигации порядка десятка метров. Таким образом, была поставлена задача, детально исследовать виды погрешностей определения координат навигационными устройствами, вносимыми нестабильностью ионосферы, исследовать методы повышения точности навигационно-временных определений в спутниковых навигационных системах. В связи с нестабильностью поведения Солнца, немаловажным фактором является прогнозирование индексов солнечной активности, поэтому также в работе было проанализировано применение рекуррентной искусственной нейронной сети (ИНС) с обратным распространением ошибки и включенной петлей обратной связи, исходящей из скрытого слоя, для прогнозирования временного ряда индекса W – числа Вольфа [1].

В работе было показано, что основной вклад в ошибку навигационных определений вносят ионосферные погрешности. К ним относят погрешности определения псевдодальности, псевдоскорости и фазовой и групповой задержки распространения сигнала. Рассмотрены следующие методы повышения точности: метод моделирования трассы распространения сигнала, двухчастотный метод, метод дифференциальной навигации и метод избыточных измерений. При распространении

сигнала с навигационного спутника, расположенного под углом возвышения α относительно потребителя, время запаздывания сигнала в ионосфере возрастает за счет увеличения длины пути, проходимого сигналом в ионосфере. Данное увеличение может быть уточнено соответствующим коэффициентом k_α:

$$k_\alpha = \left(1 - \left(\frac{R_з \cos(\alpha)}{R_з - h_{э\max}}\right)^2\right)^{-1/2},$$

где $R_З$ – радиус Земли; $h_{э\max}$ – высота точки над Землей, которой соответствует максимум концентрации электронов.

Для углов возвышения α = 0–100 дополнительная задержка сигнала, обусловленная влиянием ионосферы, может возрастать до трех раз по сравнению со случаем распространения сигнала из точки зенита, и составляет от 30 нс (9 м) ночью и до 150 нс (45 м) днем [2].

В работе при анализе метода прогнозирования с помощью искусственных нейронных сетей было рассмотрено применение рекуррентной ИНС с обратным распространением ошибки и включенной петлей обратной связи, исходящей из скрытого слоя (рис. 1), для прямого и итерационного прогнозирования временного ряда индекса W и среднемесячного потока излучения на частоте 2800 МГц (SFm). При обучении ИНС и прогнозировании W принимается во внимание предыстория изменения индекса, а также среднегодовые значения потока излучения на частоте 2800 МГц (индекс SF) и коронального индекса (CI). Прогнозирование среднемесячного потока излучения (SFm) выполняется на основе предыстории его изменения и с учетом последовательности среднемесячного коронального индекса (CIm). Перечисленные индексы имеют различные периоды регистрации. Числа Вольфа рассчитываются с 1700 г., корональный индекс регистрируется с января 1939 г., поток излучения на частоте 2800 МГц – с февраля 1947 г., вспышечный индекс – 1976 г.

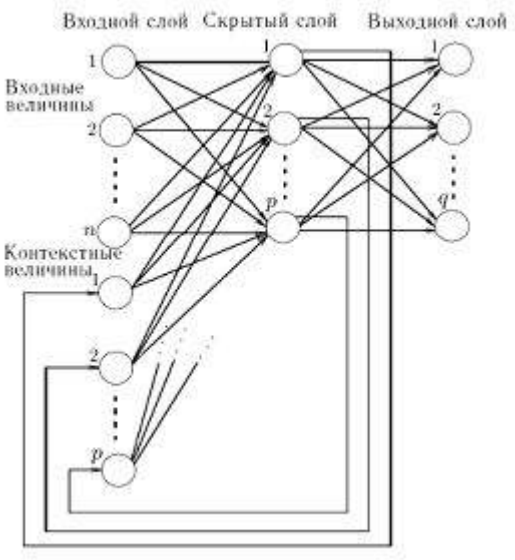


Рис. 1. Архитектура ИНС обратного распространения ошибки с обратной связью

Во всех сериях численных экспериментов осуществляется предварительное обучение ИНС с помощью данных, полученных с 1700–1985 г.г., и прямое прогнозирование среднегодовых чисел Вольфа (на один год вперед) в интервале с 1987–1999 гг. Имеющаяся последовательность данных была разделена на обучающую и тестовую. В ходе численных экспериментов выяснилась зависимость эффективности

предсказания от количества нейронов скрытого поля. Было установлено, что в данных экспериментах оптимальное количество нейронов равно шести.

Сопоставление поведения среднегодовых чисел Вольфа, полученных с помощью ИНС на год вперед, и реальных значений дает для прогнозирования чисел Вольфа эффективность *PE* = 86% (рис. 2).

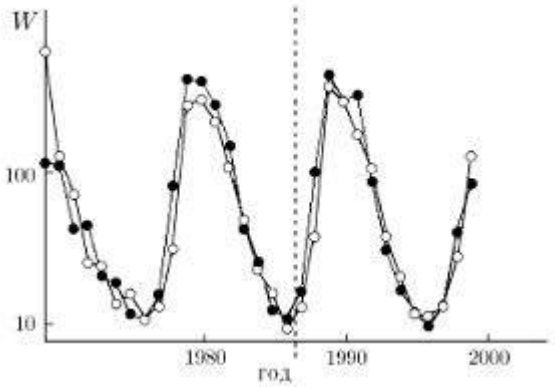


Рис. 2. Прямое прогнозирование числа Вольфа на год вперед. Участок обучения отделен от проверочного ряда пунктиром. По вертикальной оси отложено среднегодовое число Вольфа W, по горизонтальной – время в годах, белые кружки – значения, полученные ИНС, черные – реальные значения

Результаты всех серий экспериментов свидетельствуют о том, что совместное использование в качестве входных величин индексов W, SF и CI дает дальнейшее улучшение эффективности прогнозирования (с 87% до 90%).

Было проведено сравнение предлагаемой методики прогнозирования с эффективным методом Макниша–Линокльна на интервале 1978–1986 гг. Эффективность прогноза *PE* числа Вольфа составила 93%, в нашем случае на указанном интервале *PE* = 78%. Однако при более низкой эффективности прогнозирования на всей последовательности рассмотренный выше метод дает более точный прогноз максимального значения. Так, при реальном W = 155,4 метод Макниша–Линокльна дает 130,3, а рассматриваемая методика 145,3. Это свидетельствует о высокой эффективности предлагаемой методики. Другой признанный эффективный метод Гневышева–Оля предсказывает значение 208. Сопоставление и этого результата с нашим прогнозом также свидетельствует о предпочтительности предлагаемого метода [3].

Проведенные исследования помогают более глубокому пониманию взаимосвязи солнечной активности и работы навигационных устройств типа GPS/ГЛОНАСС. В частности, понимание принципов работы спутниковых радионавигационных устройств в условиях нестабильного состояния ионосферы, связанного с проявлениями солнечной активности, такими как число солнечных пятен и их групп, вспышки, выбросы коронального вещества. Рассмотренный метод применения ИНС при прогнозировании индексов солнечной активности доказал свою эффективность.

Литература

1. Данилова А.И., Суслова Е.Д., Бондаренко И.Б. Элементы исследования ионосферы // Сборник трудов молодых ученых, аспирантов и студентов научно-педагогической школы кафедры ПиБКС «Информационная безопасность, проектирование и технология элементов и узлов компьютерных систем». – СПб: НИУ ИТМО, 2011. – С. 17.
2. Малышев В.В., Куршин В.В., Ревнивых С.Г. Введение в спутниковую навигацию. – М.: МАИ-ПРИНТ, 2008. – 192 с.

3. Бархатов Н.А., Королев А.В., Пономарев С.М. и др. Долгосрочное прогнозирование индексов солнечной активности методом искусственных нейронных сетей // Изв. вузов «Радиофизика». – 2001. – Т. 44. – № 9. – С. 806–814.

Сыпачев Евгений Викторович
Год рождения: 1989
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга, группа 6212
Направление подготовки:
223200 Техническая физика
e-mail: eugene.sypachev@gmail.com

УДК 536.531:531.787:532.574

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОМЕТРИИ

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

Введение. В современном мире процессы теплообмена сопровождают практически все технологические процессы и функционирования различных изделий, поэтому решение проблем нестационарной теплометрии встает все более остро.

В частности, возникают задачи, где необходимо наблюдение в «реальном» времени за исследуемым явлением.

Существуют различные методы восстановления теплового потока. Одним из них является восстановление значения тепловых потоков с помощью параметрической идентификации нестационарных тепловых процессов с использованием фильтра Калмана. Данный метод лег в основу вычислительной части программного комплекса.

Целью работы было построение программного комплекса для решения прямых и обратных задач теплопроводности на основе данных, поступающих от измерительной системы в реальном времени.

Основные результаты. Аппаратный измерительный комплекс для решения поставленной задачи должен состоять из следующих компонентов:

1. одного или нескольких датчиков теплового потока, устанавливаемых на исследуемый объект;
2. блока преобразователя на основе аналогового цифрового преобразователя ADuC 834, основная задача которого – опрос датчиков с некоторой заданной частотой и преобразование полученного сигнала в цифровой вид;
3. компьютера с установленным программным обеспечением для обработки полученных данных. Связь компьютера и блока преобразователя должна осуществляться через COM-порт.

Для реализации программного комплекса был выбран математический пакет SciLAB. Такой выбор был сделан в силу ряда причин, перечисленных ниже.

1. SciLAB является мощным математическим пакетом, оптимизированным для решения задач с большими массивами данных.
2. SciLAB является продуктом с открытым исходным кодом, что позволяет исследовать алгоритмы вычислительных процедур и выбирать из них наиболее подходящие для решения конкретной задачи.
3. SciLAB является бесплатным продуктом, в том числе и для коммерческого использования. Однако он не уступает функциональностью и скоростью работы

таким коммерческим продуктам как MATLAB или Mathcad.

4. SciLAB имеет обширную коллекцию дополнительных модулей, которые могут быть встроены в программу. Данные модули легко устанавливаются в среду с помощью встроенных команд.
5. SciLAB имеет мощный встроенный метаязык, используемый для написания программ и встроенный редактор исходного кода. Это позволяет относительно быстро вносить коррективы в исходный код используемого модуля, что, в свою очередь, позволяет оптимизировать программы для решения конкретных задач.

Кроме того на кафедре компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики был разработан модуль Heat Flow Inspector, позволяющий выполнять решение прямой и обратной задачи теплопроводности после проведения эксперимента. Данный программный модуль был взят за основу для построения программного комплекса для нестационарной теплометрии.

Для реализации взаимодействия с аппаратным измерительным комплексом был выбран модуль «Serial Communication Toolbox» из библиотеки модулей SciLAB. Данный модуль обладает полной переносимостью и может работать в любых из широко распространенных операционных систем.

Реализация расчетного модуля потребовала существенной переработки имеющегося решателя. Первым шагом создания программного комплекса стал вынос имеющегося решателя в отдельный логический блок, после чего была произведена переработка и оптимизация алгоритмов для решения прямой и обратной задачи теплопроводности в реальном времени.

В ходе переработки решателя было выработано два алгоритма расчета в реальном времени.

Первый алгоритм использует один массив данных, для хранения всех полученных от измерительной системы данных. Пошаговая схема решения имеет следующий вид:

1. данные получаются из буфера COM-порта, после чего он очищается;
2. данные переносятся в общий массив;
3. производится расчет результатов;
4. производится вывод результатов в графическом виде.

Данный алгоритм позволяет пользователю видеть весь ход эксперимента на каждой итерации. Однако, из-за того, что требуется производить вычисления для постоянно увеличивающегося массива данных, время расчета постоянно увеличивается.

Второй алгоритм не обладает данным недостатком. Решатель оперирует ограниченным массивом данных для каждой итерации, и поэтому время расчета практически не изменяется от итерации к итерации. Пошаговая схема решения для одной итерации имеет следующий вид

1. Данные получаются из буфера COM-порта, после чего буфер очищается.
2. Данные переписываются в массив поверх предыдущих данных. Данные, использованные для расчета на предыдущей итерации, не сохраняются.
3. Производится расчет для данных, полученных с момента начала расчета предыдущей итерации до начала текущей.
4. Производится вывод результатов в графическом виде. При этом графики, построенные на предыдущей итерации, стираются и перерисовываются с результатами, полученными только на текущей итерации.
5. Производится запись переменных, необходимых для расчета следующей итерации.

Таким образом, при расчете с использованием данного решателя пользователь видит результаты расчета за ограниченный промежуток времени. Однако время расчета

одной итерации остается постоянным.

Тестирование программного комплекса производилось с помощью модельных данных. Модельные данные формировались по определенному закону. Примерами модельных зависимостей может служить линейный или гармонический закон изменения температуры. Для тестирования были выбраны следующие типы датчиков: ПТП Гардона, ПТП Геращенко, ПТП ЦАГИ.

В ходе тестирования программного комплекса были выявлены следующие ограничения.

1. Максимальная частота опроса датчиков не должна превышать 5 Гц. При более высоких частотах опроса возникают ошибки времени исполнения, связанные с переполнением буфера последовательного порта, а также сильно увеличивается время расчета одной итерации.
2. Задержка между итерациями должна лежать в пределах 2–10 секунд. Увеличение задержки приводит к переполнению буфера COM-порта, и как следствие потере данных. Уменьшение задержки невозможно, так как расчет и отображение данных требует времени и может занимать несколько секунд.
3. Программный комплекс чувствителен к изменению количества данных, поступающих от измерительной системы. Изменение размеров матрицы измерений может приводить к увеличению погрешности восстановления теплового потока и ошибкам времени исполнения.

Выводы. В процессе работы были решены следующие задачи.

1. Рассмотрены методы реализации системы реального времени для решения прямой и обратной задачи теплопроводности в реальном времени.
2. Рассмотрены возможные алгоритмы реализации расчетного модуля программы Heat Flow Inspector. Среди возможных алгоритмов выбраны наиболее удобные для реализации на данной платформе методы.
3. Реализованы выбранные алгоритмы для решения прямой и обратной задачи теплопроводности в рамках программного модуля Heat Flow Inspector.
4. Проведено тестирование системы с помощью модельных данных заданного профиля на основе датчиков теплового потока Гардона, Геращенко и ЦАГИ.
5. Произведена оценка возможностей полученного программного комплекса.

Полученный программный комплекс имеет большой практический интерес и может быть использован для проведения экспериментов в системах, работающих с нестационарными тепловыми потоками.

В рамках дальнейшей работы над программным комплексом необходимо произвести большую оптимизацию решателя для расширения границ применимости.

Литература

1. Пилипенко Н.В. Методы параметрической идентификации в нестационарной теплометрии. Ч. 1 // Изв. вузов. Приборостроение. – 2003. – № 8. – Т. 46. – С. 50–54.
2. Пилипенко Н.В. Методы параметрической идентификации в нестационарной теплометрии. Ч. 2 // Изв. вузов. Приборостроение. – 2003. – № 10. – Т. 46. – С. 67–71.
3. Пилипенко Н.В. Нестационарная теплометрия на основе параметрической идентификации дифференциально-разностных моделей теплопереноса в одномерных приемниках: Автореф. Дис. … докт. техн. наук // СПб. – 2008.
4. Подзоров С.Ю. Теория алгоритмов. Полный конспект лекций. – НГУ, 2003–2004. – 130 с.
5. Тихонов А.Н. О некорректно поставленных задачах // Вычислительные методы и программирование // Сб. работ ВЦ МГУ. – М., 1967. – Вып. 8. – С. 3–33.

Чиркова Татьяна Александровна
Год рождения: 1988
Факультет точной механики и технологии,
кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии, группа 6665
Направление подготовки:
200100 Приборостроение
e-mail: chitah@bk.ru

УДК 534.6.08

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НЕЛИНЕЙНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ СЛЕДЯЩИХ НАГРУЗОК

Т.А. Чиркова
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Мусалимов

Упругие элементы являются необходимыми деталями многих приборов. Особенно ответственная роль упругих элементов в измерительных приборах. Широкая автоматизация различных отраслей промышленности, повышение эффективности производственных процессов связаны с ростом технических требований к первичным измерительным приборам и датчикам, которые являются неотъемлемой частью информационных систем и систем управления. Ответственную роль выполняют при этом упругие чувствительные элементы, воспринимающие измеряемую величину. Геометрическая форма таких упругих элементов разнообразна и зависит от их назначения и конструкции прибора. Обладая достаточной гибкостью, упругие элементы способны заметно изменять свои размеры и форму под нагрузкой, и это является их основным свойством. Часто встречаются такие конструкции, в которых чувствительный элемент сильно изгибается при работе в пределах упругости. Примером может служить механические датчики нелинейных зависимостей, пьезоэлектрические датчики, тактильные датчики, используемые в робототехнике для получения информации о контакте манипулятора с объектами. В связи с этим весьма актуальной является задача определения больших перемещений при изгибе, когда в процессе изгиба упругого чувствительного элемента сильно изменяется его первоначальная конфигурация, причем перемещения становятся соизмеримыми с длиной детали. Здесь наблюдается существенная нелинейная зависимость больших перемещений от внешних сил, хотя деформации остаются малыми и материал работает упруго [5]. В экстремальных условиях эксплуатации часто поведение конструкций является закритическим, не описывающимся линеаризованными уравнениями сопротивления материалов. Из выше сказанного вытекает, что такие задачи о поведении упругих чувствительных элементов очень важны как в теоретическом, так и в практическом отношении. В связи с необходимостью более точного изучения предельного состояния упругих элементов гибких систем в целях недопущения нарушения точности выполняемых ими преобразований, а также определением рабочего пространства, важным и необходимым является создание удобных и быстрых инструментов для выбора оптимальных характеристик создаваемых упругих чувствительных элементов, эксплуатация которых будет проводиться в экспериментальных условиях. А именно нахождение порогов устойчивости упругих чувствительных элементов под действием сосредоточенных следящих нагрузок и соответствующих форм изгиба.

Существующие же на данный момент программные методы расчета нелинейных изгибов показали, что они не в полном мере способны описать процесс нелинейного

деформирования упругих чувствительных элементов. Также они неудобны в применении, из-за большого количества неявных параметров. Это влечет необходимость создания нового программного продукта, с помощью которого можно легко и быстро оценивать деформационные особенности чувствительных элементов.

Целью работы являлось создание программы для исследования процесса нелинейного деформирования тонких упругих чувствительных элементов при действии сосредоточенной следящей нагрузки.

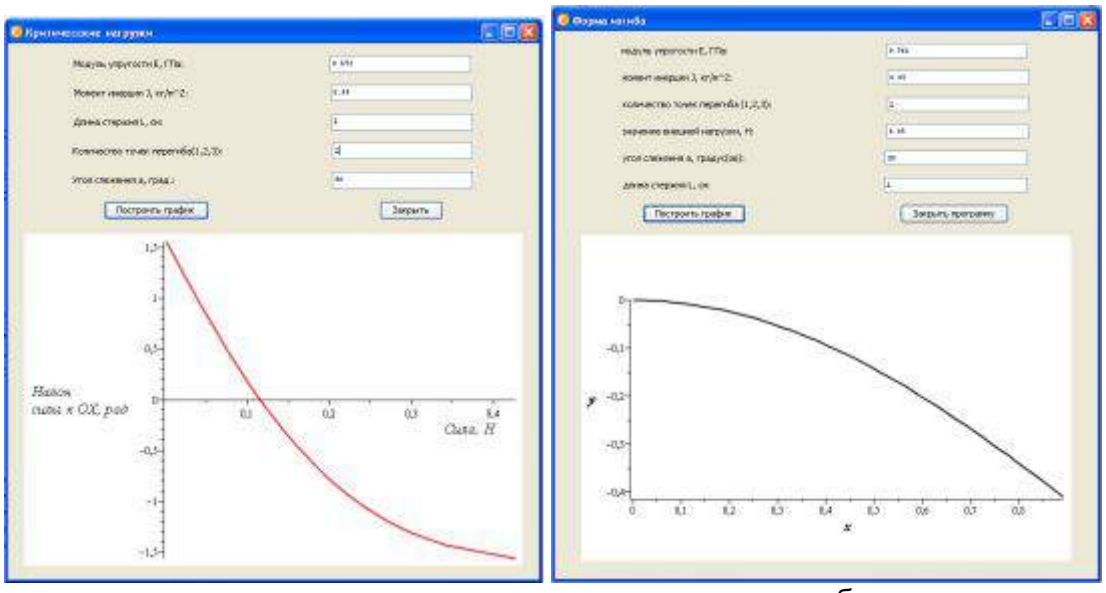
Для решения поставленной цели решались следующие задачи:

- произвести обзор теории нелинейного изгиба;
- выбрать основные параметры и выражения, описывающие изгиб при нагружении следящей нагрузкой;
- разработать алгоритм и написать компьютерную программу для визуализации формы изгиба упругого чувствительного элемента;
- создать интерфейс программы с возможностью ввода параметров нагружения.

Описания процесса нелинейного деформирования опирается на фундаментальные законы теории нелинейной упругости, объектом которой является тонкие упругие стрежни [6]. Используя данную теорию, в работе представлен алгоритм аналитического решения применительно к задачам расчета формы деформирования и критических нагрузок. Установлено, что форму изгиба можно описать заданием одного параметра угла наклона внешней силы к оси *OX*, определяемым значением внешней нагрузки углом слежения [2].

На основе точных решений были разработаны алгоритмы и реализованы программы для визуализации нелинейного деформирования упругих чувствительных элементов и для расчета систем порогов критических нагрузок, при задаваемых условиях нагружения. Интерфейс программ имеет вид, представленный на рисунке.

По заданным параметрам интерфейсы выдают: изображение дуги, которая характеризует форму изгиба стержня, график, показывающий зависимость угла наклона силы к оси *OX* от значения следящей нагрузки.



а б

Рисунок. Интерфейс программ: «Критические нагрузки» (а); «Форма изгиба» (б)

Данные программы позволяют в полной мере описать процесс нелинейного деформирования упругих чувствительных элементов. Благодаря созданному интерфейсу, программы удобны в применении и не представляет трудностей.

Отличительной особенностью от существующих аналогов является и то, что для пользования программами не требуется каких-либо навыков в программировании, так как все параметры задаются в диалоговом окне в явном виде. Практическая значимость созданных программ заключается в использовании их в процессе проектирования и эксплуатации высокочувствительных датчиков, например тактильных.

Литература

1. Андреева Л.Е. Упругие элементы приборов. – М.: Машгиз, 1962. – 456 с.
2. Власов В.З. Тонкостенные упругие стержни. – М.: Физматиз, 1959. – 568 с.
3. Дьяконов В.П. Maple 13 в математике, физике и образовании. – М.: Солон Пресс, 2006. – 720 с.
4. Илюхин А.А. О деформации упругой линии. Механика твердого тела. – Киев, 1969. – Вып. 1. – С. 128–138.
5. Лурье А.И. Нелинейная теория упругости. – М.: Наука, 1980. – 512 с.
6. Попов Е.П. Теория и расчет гибких упругих стержней. – М.: Наука, 1986. – 296 с.
7. Светлицкий В.А. Механика гибких стержней и нитей. – М.: Машиностроение, 1978. – 222 с.

Щенников Георгий Олегович
Год рождения: 1989
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа 6303
Направление подготовки:
200400 Оптотехника
e-mail: madgnom@gmail.com

УДК 681.7.07

РАСЧЕТ ОПТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЗЕРКАЛЬНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Г.О. Щенников
Научный руководитель – ст. преподаватель С.И. Кучер

Введение. Телескоп является оптическим прибором, предназначенным для изучения небесных тел. Влияние атмосферы на качество изображения, возможно устранить, выведя телескоп в безвоздушное пространство в составе бортовой аппаратуры искусственного спутника Земли (ИСЗ). Для телескопов, устанавливаемых на спутниках, орбитальных обсерваториях и других космических аппаратах желательно использование чисто зеркальных систем, способных обеспечить дифракционное разрешение и пропускание ультрафиолетовых лучей, так как при запуске компоненты системы подвергаются тряске и большим нагрузкам. Также необходимо стремиться к уменьшению габаритов используемой системы.

Содержательная часть. В работе были поставлены следующие цели: расчет оптической схемы и разработка конструкции 3-х зеркального объектива с внутренним сканированием, входящим в комплекс бортовой аппаратуры ИСЗ. В задачу также входило:

– определение формы и размеров сканирующего элемента;

– выбор и расчет геометрического профиля толкателя, обеспечивающего построчное сканирование по линейному закону;
– разработка механизма перемещения сканирующего элемента.

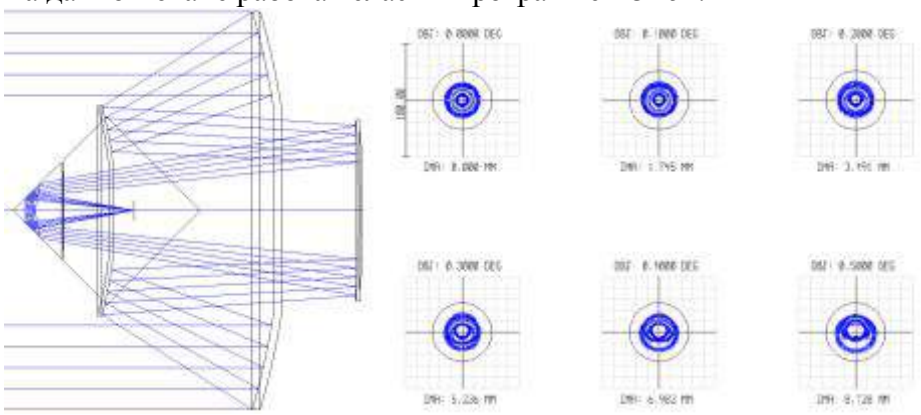
В ходе работы был рассчитан 3-х зеркальный объектив с системой внутреннего сканирования (рис. 1, а). Объектив имеет следующие характеристики: D=360 мм; f'=1000 мм 1/; f'=1/2,8; 2ω=1°; λ=8 мкм.

Таблица. Конструктивные параметры 3-х зеркального объектива

R	d	Материал	e^2
–605,154	–150	Зеркало	1,658
–343,896	220	Зеркало	3,833
–1345,744	–422,320	Зеркало	51,363

Начальным этапом являлся расчет системы Кассегрена с необходимым расстоянием между зеркалами. Затем добавлялось третье зеркало, и проводилась оптимизация для фокуса в 1000 мм. Этот этап был достаточно трудоемким – пришлось рассчитать и провести оптимизации с более чем десятка стартовых точек. В рассчитанном объективе было необходимо обеспечить перемещение уголкового отражателя в пределах ±8,6 мм.

Диаметр пятна диска Эйри составил 50 мкм (рис. 1, б). Максимальное значение аберраций составило 20 мкм или 0,15 длин волн. Была выбрана матрица из кадмий-ртуть-теллурида производства НПО «Альфа» с пикселем в 50 мкм. Частота Найквиста, определяемая матрицей, в 10 линий на миллиметр дает изображение с контрастом в 0,37. На данном этапе работа велась в программе Zemax.



а б

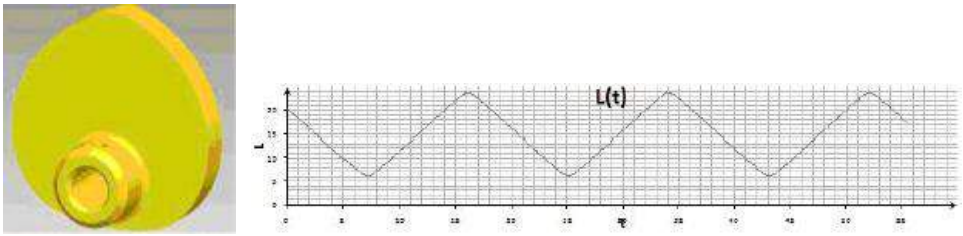
Рис. 1. Ход лучей (а) и точечная диаграмма (б)

В связи с тем, что предполагаемое использование объектива – это использование в составе бортовой аппаратуры ИСЗ, в зеркалах было предусмотрено и рассчитано радиальное облегчение. Что позволило снизить массу зеркал в среднем на 46%.

Перемещение сканера, уголкового отражателя, обеспечивается диаметральным кулачком постоянной ширины (рис. 2, а). Этот элемент позволяет задавать движение с линейными участками (рис. 2, б). Для расчета рабочего профиля кулачка были выведены формулы, позволяющие рассчитать профиль в полярных координатах:

$$R = \sqrt{r^2 + \left(AN + 2\pi r \frac{\alpha}{360^\circ} \right)^2}, \quad (1)$$

$$\varphi = atg\left(\frac{AN_1}{r} \right) - atg\left(\frac{AN_1 + 2\pi r \frac{\alpha}{360^\circ}}{r} \right) + \alpha \cdot \quad (2)$$



а б

Рис. 2. Диаметральный кулачок

В приборах такого назначения необходимо использовать светозащитные бленды с внутренними диафрагмами. Был разработан алгоритм и формулы для расчета. Данная тема была освещена на XL Научной и учебно-методической конференции Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики (февраль 2011 г.): доклад на тему «Аналитический метод расчета бленд». Также стоит отметить, что все расчеты проводились в программах Excel или Mathcad, что позволило не тратить время на составление специализированных программ, однако в большой степени автоматизировало расчеты и построение конструктивных элементов.

Узел главного зеркала (ГЗ) был смоделирован на деформации при нагрузках в программе конечно-элементного анализа ANSYS Workbench. В ходе работы, на данном этапе, была синтезирована и сконструирована форма подложки главного зеркала, обеспечивающая минимальные деформации рабочей поверхности.

Работа на этапе конструирования проводилась в CAD-программе Pro/ENGINEER. Общая длина конструкции (рис. 3) составила 770 мм, максимальный диаметр 466 мм, а масса объектива 38 кг. Большинство деталей предполагается из титана. Конструкцию можно разделить на 3 части: сам объектив; узел сканирования и бленду. В объективе узел ГЗ и третьего зеркала крепятся к заднему несущему кольцу. Штанги обеспечивают жесткость конструкции и осевое расстояние. Корпус-бленда – центрировку. Основное несущее кольцо располагается в центре масс объектива.

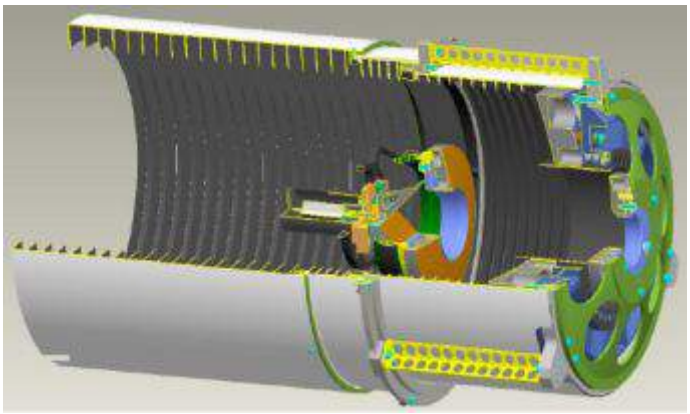


Рис. 3. Конструкция объектива

Заключение. В данной работе была рассчитана оптическая схема объектива с внутренним сканированием, разработана конструкция объектива и системы сканирования, учитывающая применение в составе бортовой аппаратуры ИСЗ, рассчитаны профиль толкателя, обеспечивающий сканирование по линейному закону и светозащитная бленда. В ходе работы использовалась связка современных программ расчета оптики, конечно-элементного анализа и конструирования.

Литература

1. Infrared Astronomical Satellite [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/iras/, своб.
2. Kepler: Photometer and Spacecraft [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kepler.nasa.gov/Mission/QuickGuide/MissionDesign/PhotometerAndSpacecraft/, своб.
3. Yoder Paul R., Jr. Mounting optics in optical instruments Bellinham. – Second edition. – Washington USA: SPIE Press. – 2008. – P. 770.
4. WISE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://wise.ssl.berkeley.edu/index.html, своб.
5. Катыс Г.П. Автоматическое сканирование. – М.: Машиностроение, 1969. – 518 с.
6. Цуканова Г.И. Классификация трехзеркальных систем // Современная прикладная оптика и оптические приборы. Ч. 1. – Л.: Всесоюзная науч.-техн. конф. – 1975.
7. Латыев С.М. Конструирование точных (оптических) приборов: Учебное пособие. – СПб: Политехника, 2007. – 579 с.
8. Космическая археология [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.popmech.ru/article/6961-zemlya-s-vyisotyi-vremen/, своб.
9. Яшкин Ю.Н. О перемещении зеркального компенсатора непрерывного движения кинопленки кулачком постоянной ширины // Труды ЛИТМО. – Л.: Оптическое приборостроение. – 1980.
10. Михельсон Н.Н. Оптика астрономических телескопов и методы ее расчета. – М.: Физико-математическая литература РАН, 1995. – 384 с.
11. Михельсон Н.Н. Оптические телескопы. Теория и конструкция. – М.: Наука, 1976. – 512 с.
12. Никитин С.М. Особенности конструкции облегченных металлостеклянных зеркал // Труды ЛИТМО. – Л.: Оптическое приборостроение. – 1980.
13. Попов Г.М. Современная астрономическая оптика. – М.: Наука, 1988. – 192 с.
14. Кругер М.Я., Панов В.А., Кулагин В.В., Погарев Г.В., Кругер Я.М., Левинзон А.М. Справочник конструктора оптико-механических приборов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1967. – 760 с.
15. Левин И.Я. Справочник конструктора точных приборов. – М.: Машиностроение, 1967. – 743 с.
16. Чуриловский В.Н. Теория оптических приборов. – Л.: Машиностроение, 1966. – 564 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСА УНИВЕРСИТЕТА НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ 5

Агейский Д.Э. Тепловой и термодинамический анализ криогенной системы для получения сверхтекучего гелия производительностью 7 кг/ч 6

Попов Ю.И. Вычисление геометрической формы проводника в топологической трассировке печатного монтажа 8

Попова Е.В. Исследование возможности применения светодиодов в осветительной части измерительных микроскопов 12

Абдршин А.Н. Наноструктурированные стеклокерамики для люминесцентных датчиков температуры 14

Алёхин А.А. Разработка узла регистрации для цветовой оптико-электронной системы экспресс-анализа руд твердых полезных ископаемых 16

Богатырев А.В. Модель отказоустойчивости функционально неоднородных кластерных систем 20

Брунов В.С. Создание фотоиндуцированных брэгговских дифракционных решеток для интегральной оптики и волоконно-оптических систем 21

Быковская Е.А. Обоснование необходимости очистки рек и каналов Санкт-Петербурга от донных отложений 23

Вакуленко А.Д. Разработка источника излучения УФ диапазона для оптико-электронных систем цветового анализа люминесценции минералов 25

Ведяков А.А. Адаптивные и робастные алгоритмы компенсации внешних возмущений 29

Громова Ю.А. Оптические свойства гибридных наноструктур на основе полупроводниковых квантовых точек и молекул азокрасителей в полимерных трековых мембранах 31

Ковалева А.С. Разработка метода расчета концентрических зеркальных, зеркально-линзовых и линзовых систем 34

Корепин И.Н. Разработка метода синтеза голограмм-проекторов «сфокусированного» изображения 38

Кочетов А.Д. Лазерное формообразование тонколистовых металлических изделий 41

Кузнецова О.В. Разработка методов трехмерного моделирования печатной платы в системах автоматизированного проектирования электронных устройств 44

Куцевич С.В. Синтез линзовых и зеркально-линзовых объективов 47

Лапшов С.Н. Оптические свойства щелоков и рефрактометрические методы и средства их контроля в сульфатном производстве целлюлозы 50

Лашманов О.Ю. Исследование принципов автоматической фокусировки 53

Литвин А.П. Кинетика затухания люминесценции в квантовых точках сульфида свинца 56

Майоров Д.С. Компьютерное моделирование защищенных модулей памяти при воздействии пожара 59

Моторин А.В. Разработка макета малогабаритной бесплатформенной системы ориентации с коррекцией по внешним данным 62

Откеева А.В. Лазерное формирование микрогеометрии рельефов металлической поверхности 65

Перетягин В.С. Разработка источника излучения видимого диапазона для оптико-электронных систем цветового анализа объектов 67

Родыгина О.А. Течение в нанотрубке и солитон в ее стенке 70

Синев Д.А. Исследование лазерного локального окисления металлических пленок.....73
Скорынина А.Н. Спектральный анализ квантового графа, состоящего из трех симметрично соединенных полос.....76
Соколов Ю.А. Исследование дифракционного метода контроля угловых и линейных величин.....79
Сотникова А.А. Проблемы секретности квантового ключа при передаче по оптическому волокну.....83
Чечуров П.С. Особенности расчета и моделирования светодиодных осветительных систем.....87

ЛАУРЕАТЫ КОНКУРСА УНИВЕРСИТЕТА (ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСА ФАКУЛЬТЕТОВ) НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ.....91
Баринов А.В. Комплексирование методов неразрушающего контроля для решения задачи оценки технического состояния двустенных криогенных сосудов.....92
Беликов И.Н. Анализ процесса отвода тепла от источников ультрахолодных нейтронов со сверхтекучим гелием.....95
Воскресенский А.А. Особенности процесса дозирования неньютоновских жидкостей и устройство для его реализации.....98
Дегтева С.В. Теория и практика внедрения инновационных ИТ-продуктов на российский рынок.....100
Жуков А.С. Разработка конструкции и создание магнитоэкранированной камеры для проведения магниточувствительных исследований.....103
Захаров А.В. Исследование технологии фотолитографии высокого разрешения при создании изделий специального назначения.....106
Киприянов К.В. Инструментальные средства синтеза технологических процессов.....108
Киселев И.А. Регуляризация микрорельефов поверхностей деталей приборов при лазерной обработке.....110
Красиков А.Д. Развитие единого корпоративного информационного пространства на базе бизнес-аналитики.....112
Миляева Е.Г. Совершенствование управления рекламой пищевых товаров.....115
Осетрова Т.А. Методика оценки эффективности документационного обеспечения системы контроля исполнения государственных функций в исполнительных органах государственной власти.....116
Паргаманина Е.А. Формы и методы финансовой поддержки предприятий малого бизнеса.....118
Пузанова И.В. Методическое обеспечение корпоративного IT-аудита.....121
Суворов А.С. Модернизация компаратора для контроля параметров мер лент и рулеток.....124
Торопов А.В. Теоретическое ценообразование финансовых инструментов в системах высокочастотной алгоритмической торговли на бирже.....127
Цопа Ю.А. Исследование возможности создания аппаратуры для поверки плоскопараллельных концевых мер длины с использованием нанотехнологий.....130
Чуйко Ю.Э. Применение инкрементальной пакетной обработки изменений в системах управления данными.....133
Щербин Б.О. Исследование механических характеристик нанообъектов.....135

Виткин В.В. Оптимизация систем накачки компактных твердотельных лазеров с боковой диодной накачкой 137
Волкова Н.Е. Обеспечение теплового режима светодиодных световых приборов 139
Овчинникова О.Ю. Разработка математических моделей обработки заявок клиентов услуг «Авангард» ОАО «Ростелеком» 142
Оразбек А. Разработка состава и технологии низколактозного сливочного мороженого для людей страдающих, сахарным диабетом 145
Родионова М.М. Проектирование и реализация базы знаний для ресурса по русскому языку «Грамматика для умных» 147
Юрченко В.А. Вычисление свободных колебаний для модели сферически симметричной неоднородной Земли 149

ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСА КАФЕДР УНИВЕРСИТЕТА НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ 153
Аргунова В.М. Алгоритмы совмещения мультимодальных данных в томографии в среде MATLAB 154
Балгайракова А.С. Исследование производительности методов извлечения знаний в больших интеллектуальных системах 157
Бондаренко А.Г. Проектирование системы документооборота для научно-методического центра по воспитательной работе НИУ ИТМО 158
Борисова Л.А. Исследование способов автоматизации мониторинга активности аспирантов 161
Валов П.М. Ситуационно-целевой контроль распределенных мультиагентных систем 164
Васильев Е.Ю. Усовершенствование метода проектирования универсально-сборных приспособлений 167
Воробьев А.С. Исследование технологии формирования тонких пленок оксида цинка в изделиях акустоэлектроники 168
Горин А.В. Навигация и управления трехколесного мобильного робота 170
Горячий С.А. Концессионная политика: выгоды и интересы сторон 173
Громов А.Д. Разработка и исследование метода синтеза голограмм-проекторов, основанного на сложении полей, формируемых типовыми элементами структуры объекта 175
Дорошин В.В. Разработка лабораторного стенда цифрового электропривода 178
До Тан Тай Исследование металлодиэлектрических светофильтров 181
Журавлев А.Н. Исследование методов проектирования операционных заготовок в среде SolidWorks 184
Казанцев М.С. Исследование влияния видов и режимов резания на геометрию обрабатываемой поверхности 186
Казимир А.Р. Автоматизация управления научно-исследовательской работой магистрантов на кафедре 188
Калиновский Д.А. Эффективное использование тепловой энергии 192
Кирдеев А.А. Построение интегрированных вычислительных сред на основе текстового препроцессирования 194
Ковбаско Д.В. Применение технологии правдоподобного вывода на основе прецедентов в управлении сложными динамическими системами 195
Комиссаров П.В. Проектирование и производство изделий из полимерных композиционных материалов 197
Константинова Ю.А. Исследование свойств антибликовых покрытий на металлах 199

Кудрявцева В.Ю. Построение модели и исследование распределенных вычислительных систем 201
Кузнецова М.А. Разработка информационной поддержки и визуализатора результатов выбора траектории обучения 203
Курицын П.А. Разработка методов и стендов для испытания многоканальных оптико-электронных приборов 206
Лашутина Е.В. Динамика движения магнитных моментов 209
Логунов Н.С. Исследование и оптимизация методов разработки программно-аппаратных комплексов, повышающих уровень защищенности каналов передачи данных 211
Лягушин И.В. Разработка методов добычи знаний из Internet 213
Матвеев С.М. Автоматическое извлечение структурированной информации об организациях с веб-страниц 215
Медведев В.А. Анализ точности прогнозирования транспортных потоков 218
Мехоношин А.В. Проектирование инструментария для оценивания личностных качеств студентов куратором 220
Михайлов А.А. Формирование покрытий на образующих цилиндрических поверхностей 223
Моисеева В.А. Исследование технологии оптических резонаторов для оптоэлектронных генераторов 225
Некрасова Я.А. Неорганические красные люминофоры для белых светодиодов 227
Носова М.Д. Разработка и исследование дифракционных методов контроля угловых перемещений объектов 229
Оболенсков А.Г. Исследование методов повышения стабильности и компенсации нелинейности позиционно-чувствительного датчика «Мультискан» 233
Пешкин К.А. Разработка системы организации распределенных нейронных сетей на основе технологии «CUDA» 236
Подольский А.И. Задача рассеяния на графе в электрическом поле 238
Попов А.А. Нелинейное поглощение в кристаллах с глубокими примесями 241
Попов С.И. Автоматизация устранения клинчей в топологии печатного монтажа 244
Попова М.В. Построение модели и исследование отказоустойчивых защищенных кластеров 247
Пригода А.Н. Расчет широкоугольных, ортоскопических и анастигматических окуляров микроскопа с увеличенным удалением выходного зрачка 249
Рябчиков И.Н. Исследование и разработка унифицированных программ измерения деталей сложной формы на современном контрольно-измерительном оборудовании 252
Савенко В.А. Обеспечение теплового режима мощного радиоэлектронного комплекса 254
Савинков В.Д. Организация учета материальных ИТ-активов в Санкт-Петербургском филиале компании Моторола Солюшенз 256
Смирнов П.В. Исследование технологии жидкостного и плазмохимического травления пьезоматериалов 258
Смирнов Р.И. Численное моделирование систем буровой установки для программно-аппаратного комплекса по подготовке специалистов по освоению российского континентального шельфа 259
Соболевская Т.Н. Исследование теплового режима светодиодного светового прибора 263
Согомонян В.А. Исследование и разработка рассеивающих элементов имитатора экрана небосвода 266

Степанов Р.А. Разработка метода идентификации объектов на базе энергодисперсионных полупроводниковых рентгеновских спектрометров 268
Фисенко М.Г. Формирование и исследование алгоритмов интерполяции, применяемых при регистрации изображения на ПЗС-матрице..... 271
Халилов Э.А. Самосогласованные расчеты электронной структуры сплавов в периодической модели Андерсона..... 274
Хворостова Е.А. Механизм управления финансами предпринимательских структур в пищевой промышленности..... 276

УЧАСТНИКИ КОНКУРСА КАФЕДР УНИВЕРСИТЕТА НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ..... 279
Абаев Г.Е. Подготовка производства при реинжиниринге бизнес-процессов на малом предприятии 280
Абрамов А.А. Разработка технического предложения для автоматизации неразрушающего контроля сопла камеры жидкостного ракетного двигателя 283
Андреев А.П. Расчет светосильного объектива для тепловизионных систем 286
Богданова В.О. Методика аттестации поверителей геодезических средств измерений 290
Варфоломеева М.М. Анализ закономерностей частотно-временной структуры колебаний температуры при дыхании человека 293
Военнов А.В. Расчет оптической схемы и разработка конструкции оптической части комплекса для мониторинга состояния окружающей среды..... 296
Гасанов Д.М. Оптимизация изготовления особо тонких и прочных тонкостенных металлических трубок для применения в медицинских криотерапевтических системах..... 300
Горшков А.В. Исследование и разработка программы поиска оптимального источника освещения фотолитографической установки для заданного предмета..... 301
Демкович Н.А. Влияние конструктивно-технологических факторов на точность лазерной обработки..... 305
Дроздков А.Н. Совершенствование автоматизированных систем технологической подготовки производства приборостроительного предприятия на основе современных методов и средств управления конструкторско-технологической информацией 306
Емельянова М.Ю. Модернизация многофункционального блока управления и индикации..... 308
Захаров В.Р. Разработка информационной системы поддержки бизнес-процессов малого приборостроительного предприятия..... 310
Ионов А.С. Применение лазерно-ультразвукового метода неразрушающего контроля для решения задачи поиска дефектов паяных соединений тонкостенных конструкций ракетно-космической техники 313
Клименко Е.Е. Разработка системы капиллярного электрофореза Капель-20х..... 316
Коновалов М.В. Приборы и методы определения тепловых сопротивлений зданий и сооружений..... 318
Котов С.Н. Мониторинг и расчет теплопотребления комплекса зданий..... 320
Кузьмин М.Д. Разработка образцового излучателя «Абсолютно черное тело» в температурном диапазоне от –40°С до +120°С 321
Куницын О.С. Разработка пакета программ автоматизированного выполнения чертежей оптических деталей с асферическими поверхностями..... 323
Курчавая О.А. Исследование и разработка обобщенной модели изделия..... 327

Кутейников П.А. Исследование систем технологической подготовки производства сложных корпусных деталей на станках с ЧПУ 330
Мартынов О.И. Разработка методов параметрического синтеза и аберрационного расчета объектива с зеркально-линзовой афокальной насадкой 332
Митропольская Т.Г. Создание методики выбора датчиков линейного перемещения 337
Михеевская Е.Н. Разработка и исследование поиска информации по электромонтажу 340
Нероденко А.В. Разработка программного комплекса «Оптический иллюстратор» в среде автоматизированного конструирования 341
Павлов А.В. Энергетическая эффективность зданий и сооружений 344
Примаков К.И. Исследование теплопроводности композиционных материалов с диффузионным взаимодействием компонентов 347
Рыков А.В. Исследование методов динамического формирования конструктивных элементов для параметрических моделей деталей 350
Салахутдинова Е.С. Методические погрешности сенсоров нестационарного теплового потока 352
Сахаров А.А. Исследование и разработка методов контроля деталей сложной конфигурации на координатно-измерительной машине Global Dea 356
Сергеев Д.С. Методика комплексного применения методов тепловизионного и вибрационного контроля для повышения достоверности контроля технического состояния насосных установок транспортно-установочного агрегата ракеты-носителя «Союз» 357
Сонькин А.С. Разработка системы термостабилизации элементов оптического телескопа 360
Суслова Е.Д. Влияние солнечной активности на работу навигационных устройств типа GPS/ГЛОНАСС 362
Сыпачев Е.В. Программный комплекс для нестационарной теплометрии 365
Чиркова Т.А. Исследование процесса нелинейного деформирования чувствительных элементов при действии следящих нагрузок 368
Щенников Г.О. Расчет оптической схемы и разработка конструкции зеркальной сканирующей системы 370

Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ магистров НИУ ИТМО / Главный редактор Начальник НИЧ Л.М. Студеникин. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 380 с.

АННОТИРОВАННЫЙ СБОРНИК НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ МАГИСТРОВ НИУ ИТМО

Главный редактор
Начальник НИЧ
Л.М. Студеникин
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 30.10.12.
Заказ 2554. Тираж 100 экз.