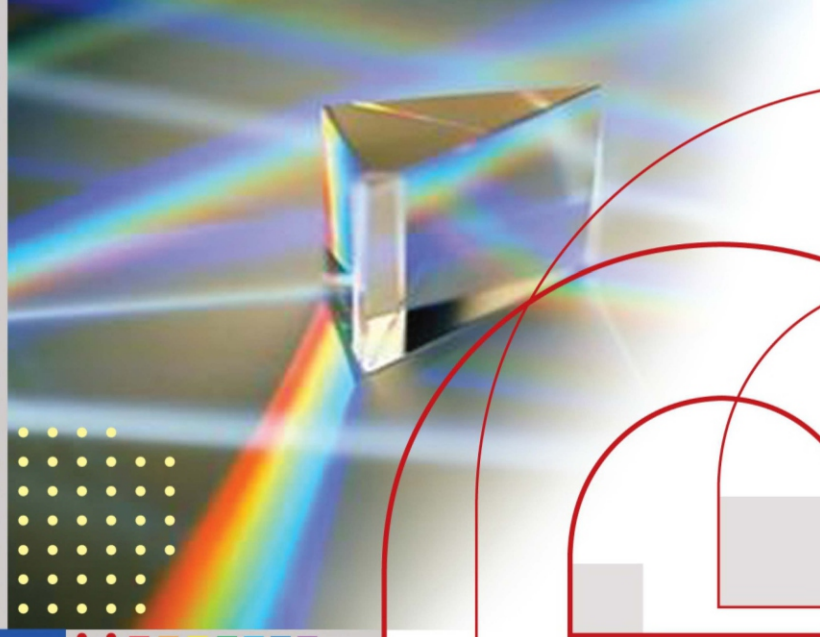


Аннотированный сборник

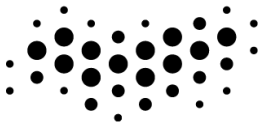
научно-исследовательских выпускных квалификационных работ

магистров

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ магистров Университета ИТМО



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

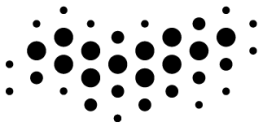
Санкт-Петербург

2014

Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ магистров Университета ИТМО / Главный редактор Проректор по НР д.т.н., профессор В.О. Никифоров. – СПб: Университет ИТМО, 2014. – 531 с.

Сборник представляет итоги конкурса на лучшую научно-исследовательскую выпускную квалификационную работу среди магистров Университета 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 978-5-7577-0479-1



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2014

© Авторы, 2014

ВВЕДЕНИЕ

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

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

Первый этап Конкурса проводился на выпускающих кафедрах университета. По итогам предзащит ВКР магистров кафедрами было принято решение о выдвижении лучших работ в Государственную аттестационную комиссию (ГАК). По итогам работы ГАК были окончательно определены 94 лучших НИВКР на 37 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 11 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 2014 год и определена номинация «Лучший научный руководитель НИВКР среди магистров» в 2014 году.

Статистические данные участия магистров

Этап	Название конкурса	Приняло участие	Победители
I	Конкурсы кафедр	1025	94
II	Конкурсы факультетов	94	46
III	Конкурс университета	46	32

По итогам Конкурса среди магистров было определено 32 победителей на «Лучшую НИВКР университета» и 14 лауреатов, которые стали победителями Конкурсов проведенных на факультетах.

Общее количество магистрантов, участвовавших в конкурсах на «Лучшую научно-исследовательскую выпускную квалификационную работу» составило 1025 человек.

Организационную работу по Конкурсам проводили следующие структурные подразделения Университета ИТМО: Департамент научных исследований и разработок, Управление магистратуры, отдел «НИРС».

Основные критерии оценки работ

При оценке НИВКР учитывались следующие критерии:

- соответствие тематики работы основным научным направлениям университета;
- новизна предложенных в работе решений;
- оригинальность предложенных решений;
- наличие актов об использовании результатов работы;
- наличие выигранных грантов, стипендий, в том числе стипендий Президента Российской Федерации;
- наличие публикаций по результатам работы в научных журналах и изданиях (как в российских, так и в зарубежных);
- наличие документов защиты объектов интеллектуальной собственности, созданных в процессе выполнения ВКР;
- наличие заявок на объекты интеллектуальной собственности;
- наличие наград, полученных на всероссийских, региональных и городских конкурсах;
- наличие докладов по тематике ВКР на научных конференциях и семинарах;
- наличие документов о представлении результатов ВКР на различного уровня конкурсах и выставках;
- глубина раскрытия темы, логичность изложения;
- качество оформления (в 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 Университета ИТМО № 1338-уч от 28.07.2014 г.

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

Альфимов Антон Владимирович
Год рождения: 1991
Факультет фотоники и оптоинформатики, кафедра фотоники и оптоинформатики, группа № 6350
Направление подготовки: 200700 – Фотоника и оптоинформатика
e-mail: alfimov.anton@gmail.com

УДК 539.2-022.532

ФЛУКТУАЦИОННО-ДИССИПАТИВНАЯ МОДЕЛЬ БРОУНОВСКОЙ ДИНАМИКИ АГЛОМЕРИРУЮЩИХ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА В ВОДЕ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МАТЕРИАЛОВ НАНОФОТОНИКИ

А.В. Альфимов
Научный руководитель – к.ф.-м.н., с.н.с. С.А. Чивилихин

Грант Российской Федерации 074-U01, тема № 411494, тема № 610451, тема № 713553.

Интерес к наноколлоидам как к собственно активным материалам и как к прекурсорам других наноматериалов, таким, как нанокерамики и нанопокрытия, обусловлен особенными свойствами наночастиц. Значительное отличие свойств наночастиц от свойств объемного вещества в первую очередь объясняется высокой удельной поверхностью первых, т.е. ведущей ролью атомов поверхности, а не внутреннего объема, в формировании свойств наночастицы. Важно отметить, что конкретные физические свойства наноколлоидов зависят от размеров и морфологии образуемых частицами наноагломератов, а разброс этих свойств определяется распределением таких агломератов по размерам. Таким образом, процесс агломерации наночастиц, определяющий морфологию и распределение по размерам кластеров в наножидкости, является ключевым для объяснения и предсказания физико-химических свойств наноколлоидных материалов и оценки их потенциального вреда для окружающей среды.

Целью работы являлась разработка метода теоретического описания многочастичного взаимодействия в наноколлоидных системах, позволяющего исследовать процесс формирования морфологии наноагломератов на начальной стадии коагуляции наночастиц и обеспечивающего лучшее по сравнению с наиболее распространенным на сегодняшний день для решения данной задачи приближением линейной суперпозиции (ПЛС) теории ДЛФО (Дерягина, Ландау, Фервея и Овербека), качественное совпадение с экспериментальными результатами.

Описание взаимодействия наночастиц в работе производилось в рамках теории ДЛФО при выполнении условия линеаризации уравнения Пуассона–Больцмана. Ключевым отличием предложенной модели взаимодействия коллоидных наночастиц от стандартной формулировки ПЛС является учет перераспределения поверхностных зарядов частиц при их сближении. Построение модели регуляции заряда обычно требует детального понимания структуры и состава поверхности коллоидной частицы и ее оболочек, а также всех физических и химических процессов, протекающих в них [1]. В случае наночастиц, ввиду их малого размера и большой удельной поверхности, значительную роль в формировании заряда частицы играют особенности ее

поверхности, например, остаточные радикалы. При этом конкретная структура и химический состав поверхности наночастицы оказываются чрезвычайно чувствительными к методу и ходу самого процесса синтеза частиц. Это означает, что построение применимой к анализу реальных систем модели регуляции заряда коллоидных наночастиц на основе некоторого априорного теоретического представления о строении частицы затруднено. Исходя из этого, в настоящей работе использовалась оригинальная феноменологическая модель регуляции заряда, опирающаяся на результаты предварительного экспериментального исследования конкретной моделируемой системы. Эта модель основана на связи заряда в оболочках из адсорбированных ионов наночастицы и локальных концентраций этих ионов у поверхности частицы. В работе мы ограничились рассмотрением линейной моделью зависимости поверхностной плотности заряда и заряда слоя Штерна от локальных концентраций ионов. Это означает, что полученная модель регуляции заряда не учитывает эффекта насыщения адсорбции с ростом числа адсорбированных ионов. Этот факт хорошо иллюстрируется полученной при помощи разработанной модели регуляции заряда зависимости ζ-потенциала моделируемых коллоидных наночастиц от pH раствора, представленной вместе с соответствующими экспериментальными данными на рис. 1.

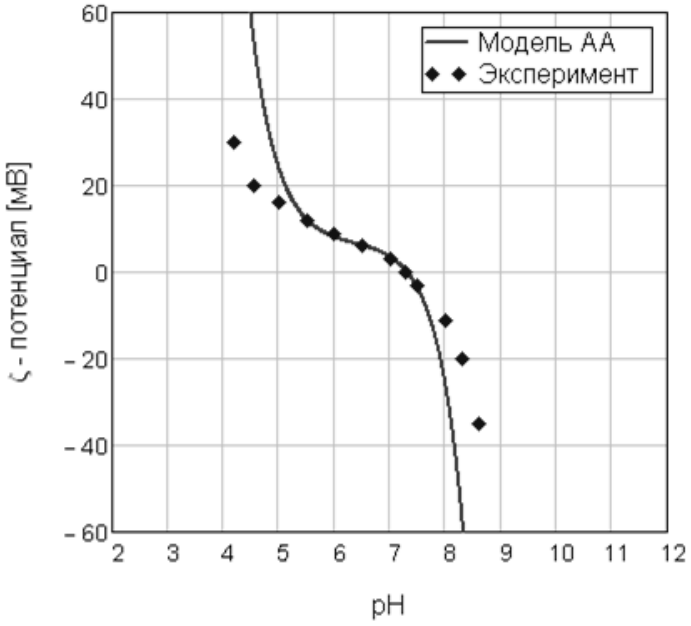


Рис. 1. Теоретическая и экспериментальная [2] зависимости ζ-потенциала коллоидных наночастиц оксида цинка от pH раствора

Модель обеспечивает отличное совпадение с результатами эксперимента в диапазоне значений pH от 5,5 до 7,5 (рис. 1). При дальнейшем увеличении концентрации ионов H^+ или OH^- модель предсказывает более резкое возрастание ζ-потенциала, нежели наблюдается в эксперименте. Этот факт хорошо объясняется эффектом насыщения адсорбции, который не учитывается линейной моделью.

При помощи разработанной феноменологической модели регуляции заряда в рамках условия возможности представления наночастицы в виде ее эквивалентного экранированного точечного заряда в работе был получен оригинальный метод модификации приближения линейной суперпозиции (МПЛС), позволяющий определить потенциальную энергию системы из многих взаимодействующих коллоидных наночастиц.

Предложенная оригинальная модель многочастичного взаимодействия в наноколлоидах при помощи введения механизма перераспределения поверхностного

заряда наночастиц в отличие от широко распространенного метода ПЛС демонстрирует ограниченный рост значения поверхностного потенциала наноагломерата с увеличением его размера за счет присоединения наночастиц, благодаря чему не предсказывает прекращения коагуляции наночастиц на ее начальной стадии (рис. 2).

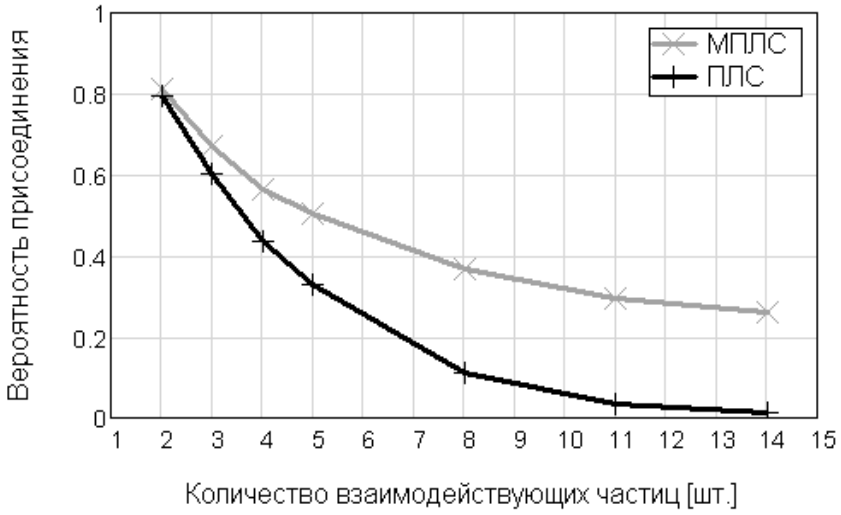


Рис. 2. Зависимости вероятности присоединения наночастицы к кластеру от числа взаимодействующих частиц в моделируемой системе по методам МПЛС и ПЛС

Таким образом, метод МПЛС позволяет преодолеть одно из основных препятствий для применения традиционного ПЛС к описанию взаимодействия наночастиц и кластеров и избежать свойственного последнему грубого расхождения с экспериментом при описании многочастичных взаимодействий.

Учет в разработанном методе перераспределения концентраций ионов в двойных электрических слоях взаимодействующих наночастиц позволяет снять базовое для ПЛС ограничение на неизменность пространственного распределения электростатического потенциала в оболочке частицы и, тем самым устранить существующую неопределенность границ применимости классического ПЛС.

Наблюдавшиеся в анализе результатов модели ориентационные эффекты при присоединении наночастицы к кластеру могут служить основой приложения метода МПЛС к более глубокому изучению процессов формирования структуры наноагломератов. Так, в работе было показано, что наиболее энергетически выгодным является такое присоединение наночастицы к агломерату, при котором площадь поверхности контакта между ними минимальна. Это означает, что при агрегации наночастиц наиболее вероятно образование исходно линейных структур, которые затем компактируются под действием случайных соударений со стороны молекул внешней среды и ван-дер-ваальсова притяжения. Дальнейшее исследование такого процесса может позволить установить зависимость между параметрами наноколлоидной системы и морфологией образуемых в ней кластеров.

Разработанная модель взаимодействия коллоидных наночастиц обеспечивает качественное согласование с экспериментом в описании начальной стадии коагуляции. Для удовлетворяющих границам применимости систем модель не накладывает ограничения на число взаимодействующих частиц и, тем самым, позволяет моделировать процессы формирования и взаимодействия наноагломератов, предсказывая при этом наличие ориентационных эффектов, которые могут являться причиной образования кластеров различной морфологии. При этом для определения потенциальной энергии взаимодействия при заданной пространственной конфигурации системы метод МПЛС требует только решения системы линейных алгебраических

уравнений с матрицей размером $m \times m$, где m – число взаимодействующих частиц. Это означает относительную простоту метода и возможность его беспрепятственной интеграции в дальнейшее численное или аналитическое моделирование динамики коагуляции наночастиц.

Литература

1. Borkovec M., Behrens S.H. Electrostatic Double Layer Forces in the Case of Extreme Charge Regulation // J. Phys. Chem. B. – 2008. – V. 112. – № 35. – P. 10795–10799.
2. Berg J.M., Romoser A., Banerjee N., Zebda R., Sayes C.M. The relationship between pH and zeta potential of ~30 nm metal oxide nanoparticle suspensions relevant to in vitro toxicological evaluations // Nanotoxicology. – 2009. – № 3(4). – P. 276–283.
3. Birdi K.S. Handbook of Surface and Colloid Chemistry. – Third Edition. – CRC Press, 2008. – 756 p.
4. Hiemenz P.C., Rajagopalan R. Principles of colloid and surface chemistry. – 3rd edition. – Marcel Dekker, 1997. – 671 p.
5. Bian S.-W., Mudunkotuwa I.A., Rupasinghe T., Grassian V.H. Aggregation and Dissolution of 4 nm ZnO Nanoparticles in Aqueous Environments: Influence of pH, Ionic Strength, Size, and Adsorption of Humic Acid // Langmuir. – 2011. – № 27(10). – P. 6059–6068.
6. Hotze E.M., Phenrat T., Lowry G.V. Nanoparticle aggregation: challenges to understanding transport and reactivity in the environment // Journal of Environmental Quality. – 2010. – V. 39. – P. 1909–1924.
7. Zhou D., Keller A.A. Role of morphology in the aggregation kinetics of ZnO nanoparticles // Water Res. – 2010. – № 44(9). – P. 2948–2956.

Антонов Артём Александрович
Год рождения: 1991
Институт холода и биотехнологий, факультет экономики и экологического менеджмента, кафедра экономики промышленности и организации производства, группа № и6557
Направление подготовки: 080200 –Менеджмент
e-mail: antoine.rokanten@gmail.com

УДК 338

ОРГАНИЗАЦИОННАЯ КУЛЬТУРА В СИСТЕМЕ ФАКТОРОВ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ОРГАНИЗАЦИИ

А.А. Антонов
Научный руководитель – д.э.н., профессор М.А. Макарченко

В работе рассматривается зависимость уровня инновационного потенциала (ИП) от типа организационной культуры, а также ее влияние на личностные и профессиональные качества.

Структурные изменения в экономике, происходящие несколько последних десятилетий, свидетельствуют о возрастающей роли инновационных процессов, которые свойственны большинству современных эффективных экономических систем независимо от масштабов и области их деятельности.

В связи с тем, что в современных экономических условиях снижается значимость низкоквалифицированного труда, капитала и средств труда и усиливается важность человеческих ресурсов, существенно возрастает роль управления персоналом, а также изменяются его функции и задачи.

В связи с этим предметом активного исследования большого количества экономических, социальных и гуманитарных наук является организационная культура и ее влияние на эффективность функционирования инновационных организаций [1].

В результате, изучение и развитие методических и экономических аспектов, обусловленных необходимостью повышения инновационного кадрового потенциала и связи кадрового потенциала и организационной культуры, является актуальной и своевременной задачей. Практическое разрешение данной проблемы и ее недостаточная теоретическая проработка обусловили выбор темы настоящей работы.

Цель работы – выявление зависимости уровня кадрового ИП от сложившегося типа организационной культуры.

Основными задачами, решение которых привело к полученным результатам, являлись:

- разработать определение кадрового ИП, которое учитывало бы влияние организационной культуры и личностных характеристик сотрудников;
- сформировать обобщенную структуру ИП с выделением кадрового ИП;
- разработать алгоритм оценки кадрового ИП;
- применить разработанную методику и проверить ее состоятельность.

В рассматриваемой научной литературе, основными характеристиками, влияющими на ИП, являются четыре базовых показателя эффективной инновационной деятельности. Это такие показатели как:

1. природные ресурсы;
2. основной капитал и средства производства;
3. информационное и технологическое обеспечение;
4. обеспечение кадрами необходимого количества и соответствующего качества.

Зачастую, даже при достаточном количестве первых трех факторов, отечественные компании не могут в достаточной мере развить свой ИП из-за отсутствия эффективных способов управления кадровыми ресурсами. Таким решением является внедрение определенного типа организационной культуры, который способствовал бы формированию высокого уровня ИП через привлечение соответствующего персонала, а также формирование и поддержание определенных личностных характеристик персонала.

Анализ научной литературы, а именно, таких исследователей как И.В. Афонин, Е. Балацкий, Г.С. Валдайцев, П.Н. Завлин, В.Г. Медынский, Б.Р. Такер, Р. Фостер, выявил, что существует несколько подходов к понятию ИП:

1. ресурсный подход – рассмотрение ИП как совокупности ресурсов (возможностей), обеспечивающих осуществление инновационной деятельности;
2. результативный подход – ИП рассматривается как способность (готовность) организации использовать способность (готовность продукта);
3. комплексный подход – объединяет ресурсный подход и результативный.

Комплексный подход является наиболее приемлемым, так как затрагивает наибольшее количество сторон организации, и, соответственно, элементов ИП.

Ресурсный подход рассматривает лишь такие аспекты, как производственные мощности, финансовая обеспеченность и т.д.

Однако результативный подход делает упор на кадровый и организационно-управленческий потенциал, что, в свою очередь, тоже не совсем верно без учета материальной базы организации.

В результате анализа структур ИП, предложенных С.И. Кравченко [4] и М. Гусаковым [5], сформирована обобщенная структура ИП, в которой выделен блок «Кадровый инновационный потенциал», характеризующийся профессиональными качествами сотрудника и организационной культурой, формирующей и развивающей эти профессиональные качества, а также привлекающей сотрудников, обладающих этими качествами. Это является научной новизной данного подхода.

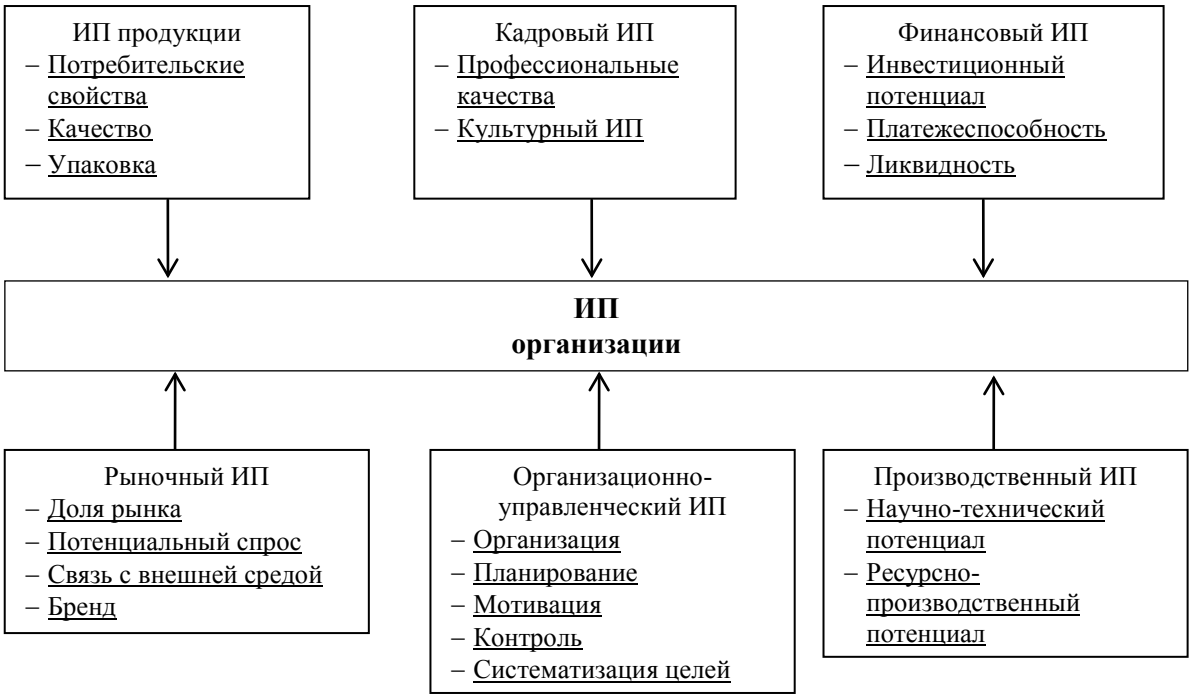


Рис. 1. Структура ИП организации

Из проведенного исследования следует, что кадровый ИП – это мера способности и готовности сотрудников организации к осуществлению инновационной деятельности в рамках конкретной организации, обусловленные культурными, профессиональными и личностными характеристиками этих сотрудников.

В узком смысле кадровый ИП предприятия – это совокупность новаторской способности, желания и готовности персонала к инновационной деятельности в рамках и интересах организации, а также способность, желание и готовность руководства организации увязать цели деятельности организации с целями сотрудников.

В широком смысле, под кадровым ИП предприятия следует понимать взаимоотношения, возникающие между работниками и руководством организации, с целью обеспечения эффективной инновационной деятельности.

Выделение кадрового ИП как отдельной составляющей инновационного потенциала организации является важным фактором в его оценке.

В ходе решения поставленных задач выявлено, что организационная культура выступает в качестве фактора, формирующего психологические качества или поддерживающего уже существующие, а также развивающего их.

Однако следует отметить, что более существенными являются уже приобретенные качества, так как они могут сократить срок адаптации сотрудника к новым условиям.

Личностные качества определяют то, каким образом сотрудник реализует свои профессиональные качества, которые, в свою очередь, уже и определяют ИП организации.

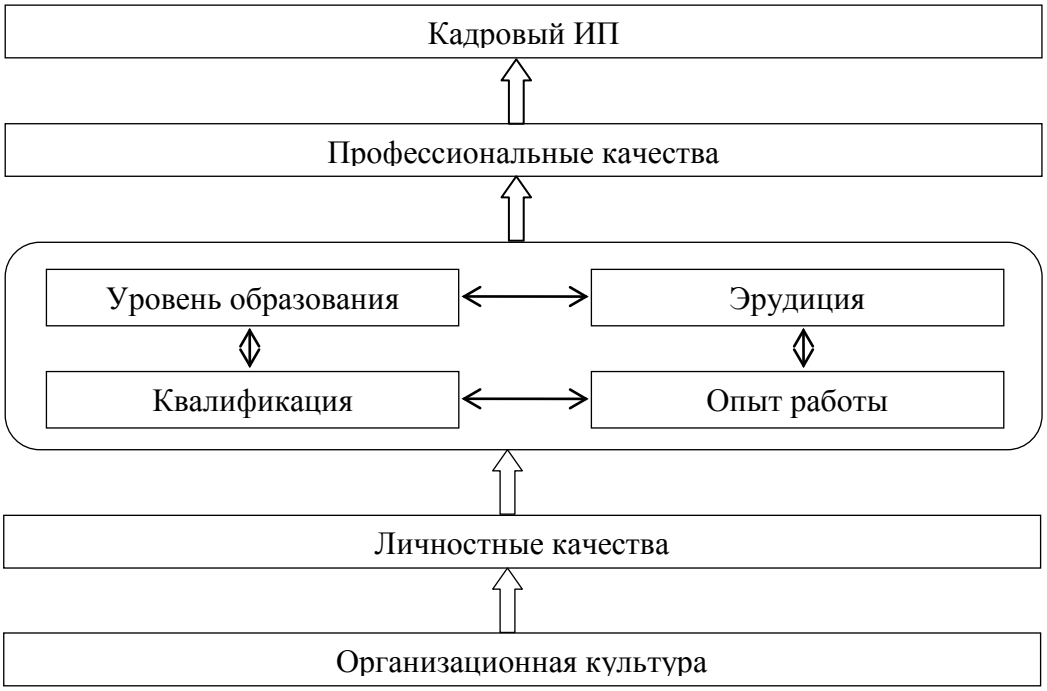


Рис. 2. Взаимодействие составляющих кадрового ИП

Высокая степень зависимости результата деятельности от индивидуальных способностей работников и степени их подготовки является особенностью деятельностью сотрудников организаций, внедряющих и реализовывающих инновации [3].

Анализ работ многих исследователей рассматриваемой проблемы позволяет сделать вывод, что сотрудники организации, осуществляющей инновационную деятельность, должны непременно обладать следующими качествами [2]: гибкость мышления; восприимчивость; изобретательность; отсутствие стереотипов; социальная толерантность; организованность; умение доказывать свою точку зрения; непрерывное обучение и самосовершенствование; независимость; инициативность.

Эти характеристики обособлены темпераментом, характером и стилем мышления индивида.

В ходе исследования установлено, что адхократический тип организационной культуры и его сочетания с другими непротиворечащими типами культуры, способствует развитию и поддержанию характеристик личности, является наиболее подходящим для инновационной организации.

В результате проведенного исследования разработана методика по оценке кадрового ИП организации, которая состоит из представленных на слайде этапов.

Существует большое количество методик, представленных Г.Е. Баженовым, А.А. Бовиным, А.А. Дынкиной, по оценке ИП, основанных на финансовом, производственном и рыночном инновационных потенциалах. Однако в меньшей степени внимание уделяется кадровой составляющей ИП.

Предлагается методика оценки уровня кадрового ИП уже имеющихся сотрудников.

Сначала в виде экспертной оценки менеджерами отдела кадров (или менеджером, отвечающим за кадры) оцениваются такие показатели сотрудника как уровень образования, квалификация, опыт работы и эрудиция. Основанием для приема на работу может быть наличие соответствующих документов о высшем образовании, отзыв с прошлого места работы, научные публикации и информация о сферах деятельности и отраслях, в которых кандидат или уже имеющийся сотрудник работал ранее.

Затем, в виде представленной методики оцениваются личностные качества другого уровня для более детального и глубокого понимания природы сотрудника. Методика основана на тестах, поэтому является достаточно объективной и малозатратной. Предполагается, что применение данной методики должен осуществлять профессиональный психолог, который является сотрудником предприятия или привлеченный извне специалист.

Положительным итогом прохождения элемента методики будет являться его соотношение с результатом, который находится слева от компоненты.

Первый блок в совокупности будет оцениваться в 15 баллов. Элемент «Коэффициент интеллекта» предполагает 6 баллов, «Оценка интегрального показателя психических способностей» – 5 баллов, а «Оценка социально-коммуникативной компетентности» – 4 балла. Данный блок является приоритетным, так как отражает основные характеристики личности сотрудника.

Второй блок состоит из двух элементов. Элементы «Диагностика мотивационной структуры личности» и «Диагностика ценностных ориентаций в карьере» предполагают ценность в 5 и 4 балла соответственно. В совокупности за данный блок дается максимум 9 баллов.

Третий блок, состоящий из компоненты «Диагностика коммуникативных и организаторских склонностей» и «Диагностика социальной толерантности», предполагает ценность 3 балла каждая. В совокупности за данный блок дается максимум 6 баллов.

Полученные результаты по каждому блоку суммируются для вынесения общей оценки.

Рассмотрим поэтапно предлагаемую модель оценки инновационного кадрового потенциала через анализ личностных характеристик сотрудника.

1. Самым первым этапом определения ИП сотрудника является тест на определение коэффициента интеллекта (IQ – intelligence quotient). Коэффициент интеллекта будет определяться посредством теста Айзенка, который уже давно нашел мировое научное призвание. С учетом средних показателей данного коэффициента, которые равны значению от 90 до 110 единиц, предполагается, что уровень сотрудника, способного заниматься инновационной деятельностью, должен быть выше среднего, так как инновационная организация подразумевает большие интеллектуальные затраты. Если в результате IQ окажется выше или приблизительно равен верхней границе среднего значения коэффициента, то можно приступать к следующему этапу. Однако если показатель ниже на 5–7 единиц, то потенциал по этому показателю оценивается как низкий. Однако возможно (при необходимости) привлечение сотрудников с таким показателем на должности вспомогательного, производственного и административно-хозяйственного персонала.
2. Далее определяется интегральный показатель общих психических способностей. Этот тест позволяет определить такие основные характеристики как: структура мышления (предрасположенность к обобщению или анализу, гибкость, инертность, переключаемость); восприятие (скорость, точность, отвлекаемость); внимание (распределение, переключаемость); речь (употребление языка, грамотность); воображение (пространственное).

На основании результатов этого тестирования можно сделать выводы о том, какую групповую роль в принятии решения лучше занять сотруднику. Полученные результаты в дальнейшем можно будет соотнести с типом темперамента тестируемой личности, который также во многом определяет ролевой статус. Такие же выводы можно сделать по остальным компонентам и шкалам, в соответствии с чем возможно распределение по занимаемым должностям.

Респонденты с высокими показателями по характеристике «гибкость мышления» наилучшим образом подходят для руководящих должностей и на должности научных сотрудников, в отличие от лиц, с выраженной инертностью мышления, т.е. неспособностью к принятию новых способов выполнения какого-либо знакомого процесса или функции и рассмотрением прошлых связей личного опыта как основных для решения задачи.

Скорость и точность восприятия, распределение и концентрация внимания важны для всех групп персонала инновационной организации, наравне с возможностями употребления языка и грамотностью.

Воображение является важной характеристикой, которая способствует инициативности в предложении каких-либо новых решений и идей.

3. Далее анализируются такие характеристики как: социально-коммуникативная неуклюжесть; нетерпимость к неопределенности; чрезмерное стремление к конформности; повышенное стремление к статусному росту; ориентация на избегание неудач; фрустрационная нетолерантность.

Личности с высокими баллами по представленным выше шкалам, на наш взгляд, могут быть рассмотрены на должности административно-хозяйственной группы персонала (служащие, секретари, делопроизводители) и научно-вспомогательного персонал (лаборанты, монтажники оборудования). Однако в данном случае речь идет о крупных организациях, способных к найму и содержанию такого крупного штата сотрудников. Рассматриваемая в работе компания ориентируется на аутсорсинг по таким позициям.

4. Данный раздел характеризует мотивационную структуру личности, акцентуацию на мотивы определенного порядка.

Для научного и руководящего персонала наибольшим образом подходит прогрессивный или экспрессивный мотивационный профиль. К регрессивному и импульсивному профилю можно условно отнести остальные категории персонала.

Предполагается, что организационная культура адхократического типа может развить данные характеристики. Также остальные профили по результатам тестирования можно рассматривать на временные и проектные должности.

5. Результаты тестирования предполагают следующие ценностные ориентации в карьере:
   - профессиональная компетентность – сотрудники, которые удовлетворяют свои потребности посредством реализации своих возможностей в конкретной сфере деятельности. Наиболее подходящая группа персонала – научные работники и научно-технический персонал;
   - менеджмент – высокий уровень организаторских способностей, ответственности и интеграции взаимодействия других сотрудников, управление и контроль над их деятельностью. Наиболее подходит для руководящего персонала;
   - автономия (независимость) – характеристика, которой в идеале должен обладать руководящий и научный персонал организации;
   - интеграция стилей жизни – характеристика, обуславливающая соотнесение самореализации индивида с выбранным им видом деятельности. Характеристика, которой условно должен обладать руководящий и научно-технический персонал.

Такие характеристики как «стабильность работы и стабильность места жительства» в большей степени соответствует вспомогательному и научно-техническому персоналу. Это обуславливается привязкой производства и служебной работы к определенному региону, а также относительной последовательностью и упорядоченностью вида деятельности, в отличие от научного и руководящего персонала.

6. Диагностика коммуникативных и организаторских склонностей предполагает наличие определенного количества баллов, которое свидетельствует об уровне коммуникативных и организаторских склонностей. Высокий и высший уровни (13–16 и 17–20 соответственно) свидетельствуют о высоком уровне ИП, 9–12 баллов – средний уровень. Остальное относится к низкому уровню ИП и низкому и низшему уровню наличия организаторских и коммуникационных способностей.

Высокий и высший уровни должны соответствовать руководящему составу и научным работникам, средний уровень может быть у научно-вспомогательного и производственного персонала. Низкий уровень может относиться к производственному персоналу, а также к научно-вспомогательному и административно-хозяйственному.

7. Авторы считают, что такой характеристикой как социальная толерантность должны обладать все сотрудники компании. Однако учитывая объективные данные об уровне развития современного общества – это, скорее всего, невозможно. Такая характеристика относится скорее к морально-нравственным качествам индивида, которые могут не коррелировать с остальными показателями и характеристиками предыдущих блоков. Однако эта характеристика является очень важной при построении трудового коллектива в организации с адхократической культурой. Можно сделать вывод, что сотрудники, не обладающие этим качеством, вряд ли подходят для инновационной организации.

После получения результатов методики, можно условно распределить сотрудников по группам персонала инновационной организации в соответствии с уровнем их ИП.

Далее, с помощью личностного опросника EPI (методика Г. Айзенка) определяется тип темперамента сотрудника, и даются рекомендации в соответствии с определением роли при принятии управленческих решений.

По результатам проведенного исследования по предложенной методике было выявлено, что трем сотрудникам рассматриваемой организации соответствует показатель «Очень высокий кадровый ИП», а остальные двое относятся к группе «Высокий кадровый ИП».

Исследование было проведено профессиональным психологом, который входит в штат материнской компании. Результаты были представлены в формализованной форме и без детального анализа ввиду конфиденциальности личных данных.

При анализе организационной культуры компании «Стрит Кингдом Спортс» («СКС»), было выявлено, что культура компании является кланово-адхократической.

Таким образом, можно сделать вывод, что при наличии кланово-адхократической культуры в организации «СКС» основные сотрудники имеют высокий кадровый ИП, что соответствует основному тезису данного исследования, суть которого заключается в том, что наиболее подходящим типом организационной культуры для инновационной организации является адхократический.

В соответствии с предоставленными компанией данными, можно сделать вывод, что в сложившейся организационной культуре, которая способствует формированию, поддержанию и развитию оцениваемых личностных качеств, организация осуществляет успешные инновационные проекты.

Исходя из определенных компанией критериев, проект был признан успешным. После этого проект был передан в структуру материнской фирмы, где он продолжает реализовываться под брендом «СКС».

Данная методика показала свою состоятельность и простоту применения, что подразумевает возможность дальнейшего использования этой методики в подобных компаниях, а также испытание в других, что при успешном применении подтвердит ее многопрофильность.

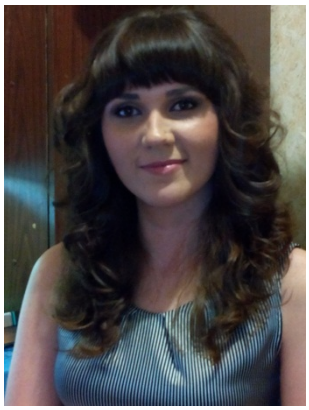
Материнская компания планирует дальнейшее применение данной модели при реализации своих проектов. Универсальность методики позволяет использовать ее и в других областях при оценке кадрового ИП.

Рассматриваемые нами ранее методики ИП могут быть дополнены этой методикой, так как в основном они основываются на финансовых, материальных и кадровых расчетах. Данная методика позволяет оценить личностные психологические характеристики сотрудника, что является ядром инновационной организации.

В работе была предложена методика оценки кадрового инновационного потенциала через оценку личностных характеристик сотрудника. Выявлено, что наиболее комфортным типом культуры, формирующим и развивающим характеристики сотрудников, наиболее склонным к инновационной деятельности является адхократический тип культуры.

Литература

1. Бурменко Т.Д., Даниленко Н.Н., Туренко Т.А. Сфера услуг: экономика. – М.: КНОРУС, 2007. – 328 с.
2. Иванова Н.Ю., Аксенов А.П., Берзинь И.Э. Экономика предприятия. Учебник / Под ред. С.Г. Фалько. – М.: КНОРУС, 2011. – 352 с.
3. Ильенкова С.Д. Инновационный менеджмент. Учебник. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Юнити-Дана, 2007. – 335 с.
4. Кравченко С.И., Кладченко И.С. Исследование сущности инновационного потенциала // Научные труды Донецкого национального технического университета. Сер. экон. – 2011. – Вып. 68. – С. 88–96.
5. Гусаков М. Формирование потенциала инновационного развития // Экономист. 1999. – № 2. – С. 24 – 29.



Бакк Ольга Александровна
Год рождения: 1989
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевой инженерии и автоматизации, кафедра техники мясных и молочных производств, группа № и6253
Направление подготовки: 151000 – Машины и оборудование биотехнологий
e-mail: sovenok_kz@mail.ru

УДК 66.047.3.085

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА СЕМЕННОГО ФОНДА ИНФРАКРАСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

О.А. Бакк
Научный руководитель – к.т.н., доцент С.Ф. Демидов

Введение. Производимая сушильная техника не отвечает всем технологическим особенностям сушки подсолнечника, как для семенных целей, так и для товарного производства (получение масла). В этой связи решение задач по обоснованию и разработке технологии, конструкции и рекомендаций для сушильной техники, предназначенной для сушки семян подсолнечника, является одной из актуальных задач

народного хозяйства. Ее решение может гарантировать снижение потерь семян при послеуборочной обработке и обеспечить качественную сохранность материала.

Одним из современных и эффективных способов обработки свежеубранных семян является инфракрасная сушка, которая в сочетании с очисткой обеспечивает сохранность семян в течение определенного времени.

Перспективы использования инфракрасной сушки свежеубранных семян подсолнечника объясняются тем, что этот способ сушки отличается достаточно высокой интенсивностью, экономичностью и позволяет сохранить питательные и посевные качества семян.

В соответствии с нормативами, семенной фонд хранят в тканевых мешках, в сухих, чистых, обеззараженных помещениях. Мешки укладывают на деревянные поддоны. Во время хранения семенного материала проводят его обеззараживание.

В ИХиБТ Университета ИТМО проводятся работы по сушке пищевых продуктов инфракрасным (ИК) излучением [1–5].

Целью работы являлось исследование процесса сушки семян подсолнечника семенного фонда ИК-излучением выделенной длины волны при достижении температуры на поверхности продукта не более 44–46°С.

Содержательная часть. Для исследования процесса сушки семян подсолнечника семенного фонда был разработан экспериментальный стенд (рис. 1).

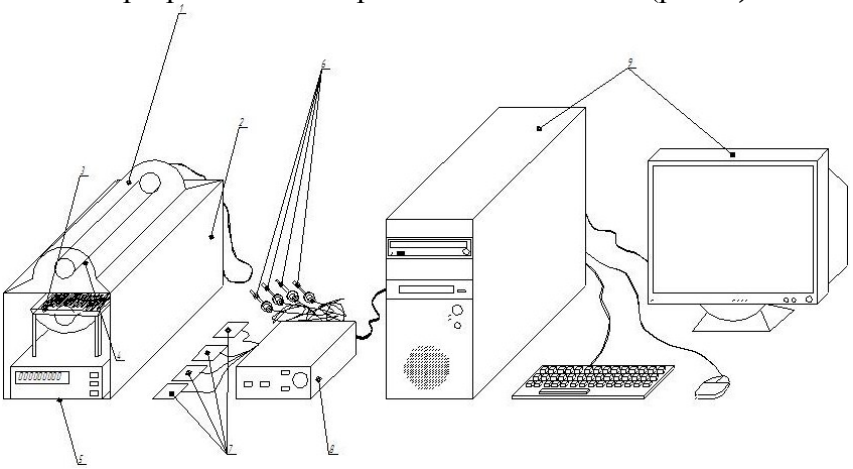


Рис. 1. Экспериментальный стенд для исследования процесса сушки семян подсолнечника семенного фонда ИК-излучением

В сушильной камере (2) установлены ИК-излучатели (1) с отражателями. В качестве генераторов ИК-излучения применены линейные кварцевые излучатели (1) диаметром 0,012 м с функциональной керамической оболочкой [1]. ИК-излучатели (1) установлены сверху и снизу относительно сетчатого поддона с подложкой из нержавеющей сетки (3) с шагом 2 мм, который может перемещаться с помощью направляющих в вертикальном направлении. На подложку из нержавеющей сетки помещается продукт. Перемещение поддона позволяет регулировать расстояние между ИК-излучателями (2) и поддоном (3). Скорость воздуха обдува слоя семян подсолнечника семенного фонда составляло 0,35 м/с.

Для регулировки плотности теплового потока, падающего на объект сушки, меняются значения сопротивления нихромовой спирали ИК-излучателя.

Для измерения напряжения на клеммах ИК-излучателей (1) в диапазоне 210–220 В используется вольтметр.

Для снятия температурных полей в объектах сушки используются хромель-алюмелевые ТХА 9419-23 термопары градуировки $ХА_{94}$ с диаметром проволоки $6 \cdot 10^{-4}$ м (6).

Измерение температуры поверхности облучаемого материала производится при помощи дистанционного неконтактного ИК-термометра Raytek MiniTemp MT6.

Измерение плотности теплового потока осуществляется при помощи термоэлектрических датчиков плотности теплового потока ДТП 0924-Р-О-П-50-50-Ж-О (7).

Измеритель температуры ИТ-2 в комплекте с преобразователями плотности теплового потока (7) и ТХА ($ХА_{94}$) термопарами используется в качестве устройства автоматизированного сбора и обработки информации.

Убыль массы семян подсолнечника семенного фонда в процессе сушки измеряется устройством автоматического взвешивания (5), разработанного на базе электронных аналитических весов GF-600.

Для измерения влажности семян подсолнечника семенного фонда используется анализатор влажности ЭЛВИЗ-2.

В работе был использован метод экспериментально-статистических исследований, в результате которых получили эмпирическую математическую модель изучаемого процесса (уравнение регрессии). В дальнейшем ею используем для управления процессом – нахождения оптимальных условий его проведения и создания этих условий [6, 7].

Была получена таблица экспериментальных данных исследований процесса сушки семян подсолнечника семенного фонда. На рис. 2–5 представлены графики зависимости влагосодержания семян подсолнечника семенного фонда от времени сушки.

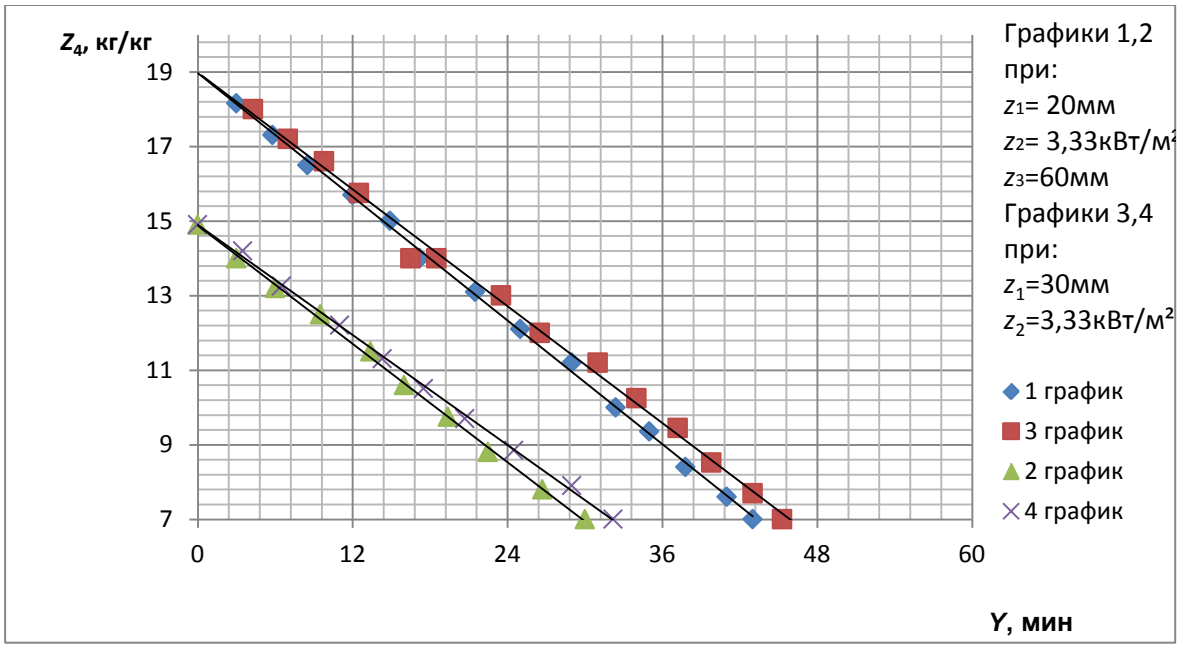


Рис. 2. График зависимости влагосодержания семян подсолнечника от времени при высоте слоя семян подсолнечника z_1, плотности теплового потока ИК-излучателя z_2, расстоянии от ИК-излучателя до слоя семян подсолнечника z_3

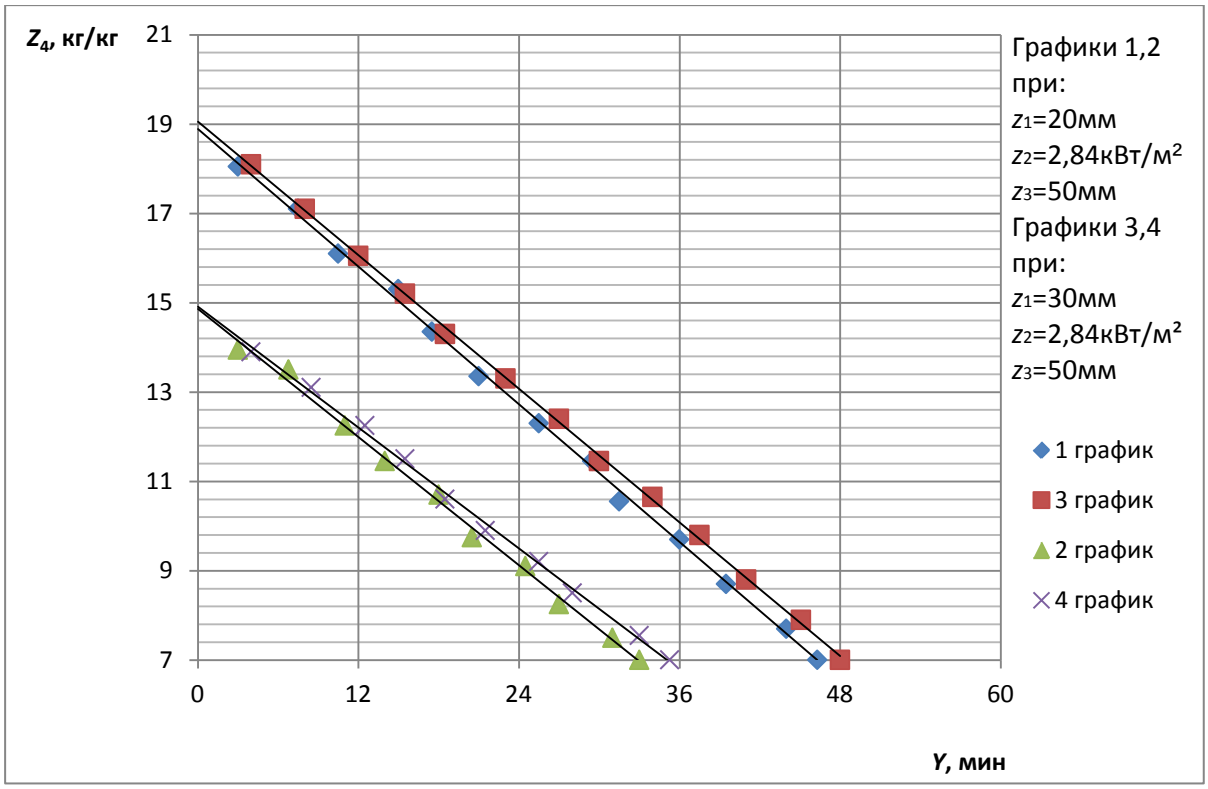


Рис. 3. График зависимости влагосодержания семян подсолнечника от времени при высоте слоя семян подсолнечника z_1, плотности теплового потока ИК-излучателя z_2

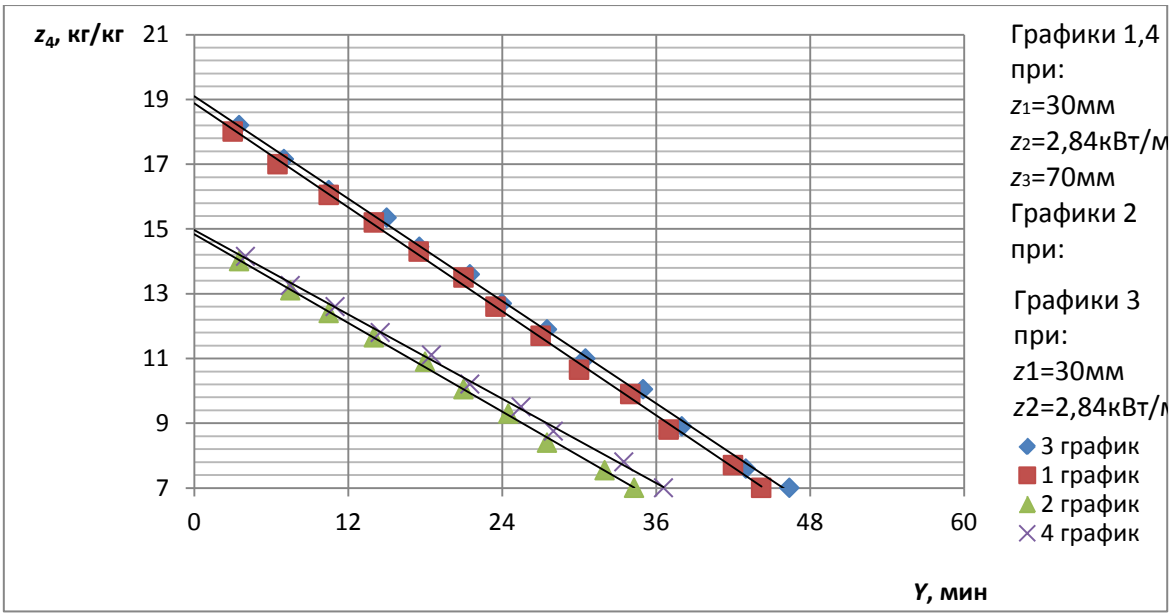


Рис. 4. График зависимости влагосодержания семян подсолнечника от времени при высоте слоя семян подсолнечника z_1, плотности теплового потока ИК-излучателя z_2, расстоянии от ИК-излучателя до слоя семян подсолнечника z_3

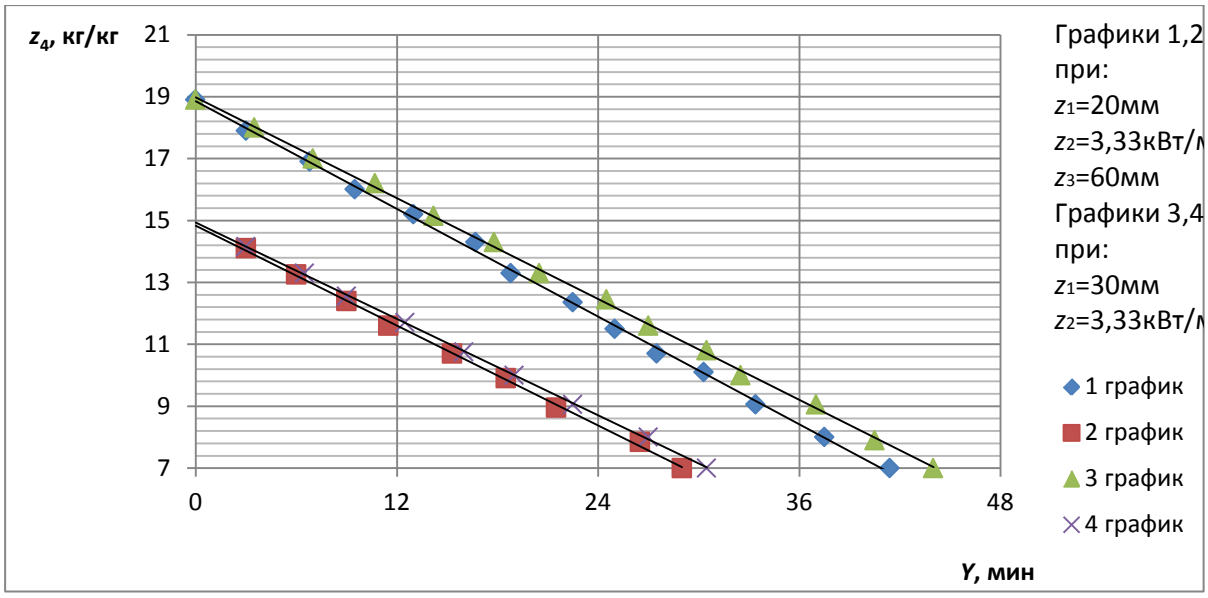


Рис. 5. График зависимости влагосодержания семян подсолнечника от времени при высоте слоя семян подсолнечника z_1, плотности теплового потока ИК-излучателя z_2, расстоянии от ИК-излучателя до слоя семян подсолнечника z_3

Продолжительность инфракрасной обработки при заданной плотности теплового потока ИК-излучения определяется временем достижения заданного влагосодержания 7 кг/кг и температуры на поверхности слоя обрабатываемого материала, не превышающей 44–46°С.

Из анализа кривых (рис. 2–5) видно, что влажность семян подсолнечника на протяжении всего процесса сушки уменьшается с течением времени по линейному закону, при этом температура в центре слоя продукта не превышает 44–46°С.

Заключение. Проведены экспериментальные исследования по сушке семян подсолнечника семенного фонда ИК-излучением в зависимости от: плотности теплового потока, расстояния от ИК-излучателя до слоя продукта, высоты слоя продукта. Получено уравнение регрессии. Найдены оптимальные параметры процессов сушки семян подсолнечника семенного фонда ИК-излучением. Были построены графики, из их анализа следует, что влажность семян подсолнечника на протяжении всего процесса сушки уменьшается с течением времени по линейному закону, при этом температура в центре слоя продукта не превышает 44–46°С.

Литература

1. Демидов С.Ф., Вороненко Б.А., Демидов А.С. Сухое жарение ядер семян подсолнечника инфракрасным излучением // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств (электронный журнал). – 2011. – № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.open-mechanics.com/journals, своб.
2. Демидов А.С., Вороненко Б.А., Демидов С.Ф. Сушка семян подсолнечника инфракрасным излучением // Новые технологии. – 2011. – Вып. 3. – С. 25–30.
3. Демидов А.С. Поиск рационального способа сушки семян подсолнечника // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2011. – № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.processes.ihbt.ifmo.ru, своб.

4. Демидов С.Ф., Вороненко Б.А., Демидов А.С., Бакк О.А. Исследование процесса сушки семян подсолнечника семенного фонда инфракрасным излучением. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2014. – № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://processes.ihbt.ifmo.ru/file/article/8730.pdf, своб.
5. Демидов С.Ф. и др. Некоторые закономерности процесса инфракрасной сушки семян подсолнечника для семенного фонда // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2013. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.processes.ihbt.ifmo.ru, своб.
6. Налимов В.В. Теория эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 208 с.
7. Смирнова Г.П., Буркацкая О.А., Смирнов А.А. Развитие малого предпринимательства в субъектах северо-западного федерального округа Российской Федерации // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2010. – № 3(11). – С. 43–50.

Борисов Олег Игоревич
Год рождения: 1991
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра систем управления и информатики, группа № 6146
Направление подготовки: 221000 – Мехатроника и роботехника
e-mail: oleg.borisow@gmail.com

УДК 681.5.015

ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНОГО И РОБАСТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПО ВЫХОДУ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

О.И. Борисов
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Пыркин

Одной из интересных и актуальных прикладных задач теории управления является разработка систем динамического позиционирования надводными судами. Существует ряд научных работ, посвященных математическим методам адаптивного и робастного управления классом морских мобильных роботов [1, 2]. Разработка таких систем (как и вообще любых систем управления) традиционно включает следующие этапы: анализ математической модели, синтез закона управления, компьютерное моделирование, экспериментальная апробация. Поскольку зачастую бывает сложно выполнить эксперимент на реальном судне в виду его дороговизны и большого риска поломки, то специализированный робототехнический комплекс представляет особый интерес. Помимо этого, рассматриваемая установка может быть применена в образовательных целях для проведения лабораторных и исследовательских работ среди студентов и аспирантов.

а б

Рис. 1. Специализированный робототехнический комплекс (а) и роботизированный макет судна (б)

Основным элементом комплекса является роботизированный макет судна с тремя исполнительными приводами: основной двигатель и два подруливающих устройства типа «туннельный трастер» на корме и носу. Помимо этого, рассматриваемая установка содержит бассейн, представляющий собой рабочую область, цифровую камеру, закрепленную на штативе над бассейном, джойстик для удаленного управления и компьютер. Локализация робота осуществляется с помощью системы технического зрения, состоящей из вышеупомянутой камеры, расположенной над рабочей областью, и алгоритма обработки видеоизображения с целью получения текущих координат объекта. Последний распознает судно как белый прямоугольник на темном фоне, вычисляет координаты его геометрического центра, после чего вычисляет курсовой угол с помощью красной метки на носу. В реальном масштабе функцию определения географических координат, как правило, выполняют спутниковые системы навигации и гирокомпасы. Все вычисления, формирование сигнала управления в соответствии с некоторым законом и его необходимые преобразования осуществляются на компьютере, после чего соответствующие команды передаются по радиоканалу на макет.

Очевидно, что робототехническую систему надводного судна необходимо рассматривать как многоканальную, поскольку она содержит три независимых динамических канала, соответствующих двум линейным и одной угловой координатам, однозначно определяющим положение и ориентацию судна в пространстве. Для синтеза алгоритма управления необходимо осуществить декомпозицию нелинейной динамической модели на статическую функцию и независимые динамические каналы с одним входом и одним выходом. Каждый из них соотнесем с соответствующими регулируемыми переменными. Введем виртуальные сигналы управления, представляющие собой суперпозицию всех движущих сил исполнительных приводов судна. Кроме этого, помимо абсолютной (неподвижной) системы координат, введем в рассмотрение локальную (подвижную), жестко связанную с роботом. На этапе формирования закона управления необходимо учитывать преобразование координат из одной системы в другую.

Расчет виртуальных сигналов управления на основе текущих и заданных координат системы осуществляется с использованием робастного метода «последовательного компенсатора» для относительной степени объекта, равной двум. При этом используются фиксированные настроечные коэффициенты регулятора, которые могут быть выбраны независимо от параметров объекта. Для расчеты ошибок по динамическим каналам, связанным с линейными координатами, осуществляется

преобразование из одной абсолютной системы в локальную с помощью матрицы поворота и вектора смещения. Чтобы получить реальные управляющие сигналы для приводов судна, необходимо осуществить обратное преобразование статической нелинейности, т.е., рассчитав распределитель упоров, разделить нагрузку движущей силы между всеми приводами объекта, после чего наложить ограничения на управления и обеспечить соответствующий масштаб и формат посылаемых команд.

Помимо робастного алгоритма управления с фиксированными параметрами регулятора, в работе изложен метод адаптивной настройки этих коэффициентов, с использованием монотонно возрастающих функций. Подход гарантирует строгую вещественную положительность передаточной функции замкнутой системы для частного случая, когда относительная степень объекта равна двум, что приемлемо для рассматриваемой системы.

Для решения задачи поиска маршрута движения с целью обхода препятствий в работе предлагается алгоритм планирования пути движения судна. Для решения этой задачи необходимо иметь информацию о геометрии корпуса судна и близлежащих к нему препятствий. Это необходимо для формирования карты, отражающей расположение свободных и запрещенных зон. Идея алгоритма заключается в последовательном разбиении пути на участки заданной длины, через середину между рассматриваемыми точками (в начальный момент времени – начальной и конечной, далее – начальной и серединой предыдущего отрезка). При попадании очередной точки (середины рассматриваемого отрезка) в запрещенную зону осуществляется поиск ближайшей точки в свободной зоне по окружности с равномерно увеличивающимся радиусом. В качестве исследования полученного алгоритма было проведено компьютерное моделирование.

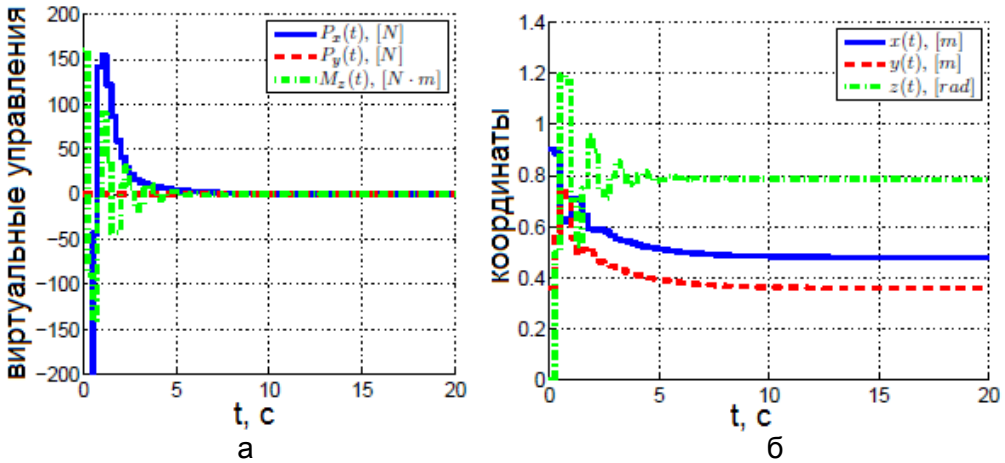
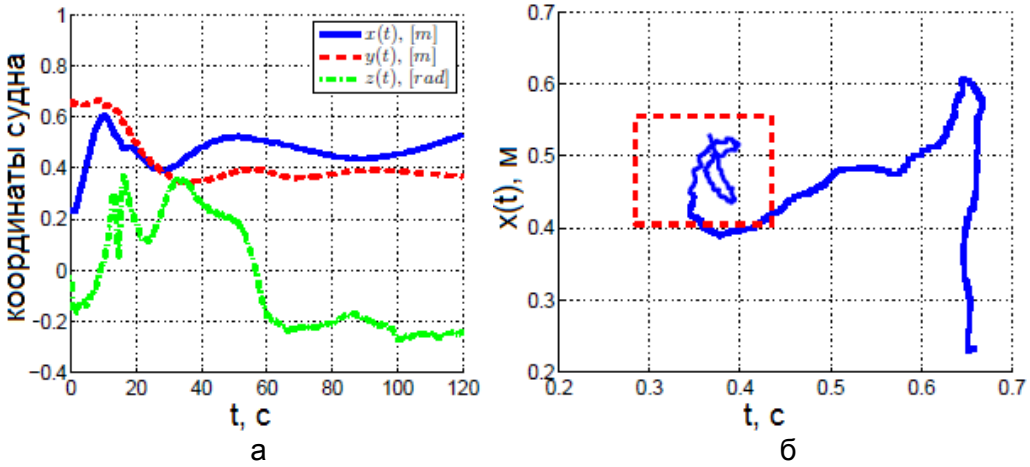


Рис. 2. Результаты компьютерного моделирования: графики виртуальных сигналов управления (а); графики координат системы (б)

Для апробации полученной системы динамического позиционирования было осуществлено компьютерное моделирование по решению задачи стабилизации заданных значений (рис. 2). Кроме этого, были проведены экспериментальные исследования на специализированном робототехническом комплексе. Решались задачи стабилизации заданных значений положения и ориентации в некоторой области (рис. 3) и слежения за командным сигналом с целью удержания робота на некотором заранее определенном маршруте с использованием разработанной системы динамического позиционирования.



а б

Рис. 3. Результаты экспериментальных исследований: графики координат судна (а); путь следования (б)

В рамках выполнения настоящего проекта был решен ряд поставленных задач и получены следующие результаты. Был сформирован специализированный робототехнический комплекс моделирования движения судна с целью апробации различных алгоритмов управления. Проанализирована математическая модель многоканальной робототехнической системы надводного судна, произведены необходимые ее преобразования. Разработана система динамического позиционирования судна на основе закона управления «последовательный компенсатор» [3, 4]. Изложены принципы модификации робастного метода путем добавления алгоритма адаптивной настройки параметров регулятора. Представлен и промоделирован алгоритм планирования пути движения с целью обхода препятствий. Осуществлено компьютерное моделирование полученной системы динамического позиционирования с фиксированными параметрами для решения задачи стабилизации заданного значения положения и ориентации судна. Проведены экспериментальные исследования по апробации системы динамического позиционирования для стабилизации положения и ориентации корабля в некоторой области, а также для решения задачи слежения за командным сигналом с целью удержания судна на некотором заранее определенном маршруте.

Литература

1. Pyrkin A., Bobtsov A., Kolyubin S., Surov M., Vedyakov A., Feskov A., Vlasov S., Krasnov A., Borisov O., Gromov V. Dynamic Positioning System for Nonlinear MIMO Plants and Surface Robotic Vessel // Proc. of the 7th IFAC Conference on Modelling Management, and Control. – 2013. – V. 7. – № 1. – P. 1867–1872.
2. Pyrkin A., Bobtsov A., Kolyubin S. Output Controller for Nonlinear and MIMO Systems with Delay // Proc. of the 21st Mediterranean Conference on Control and Automation. – 2013. – P. 1063–1068.
3. Бобцов А.А. Робастное управление по выходу линейной системой с неопределенными коэффициентами // Автоматика и телемеханика. – 2002. – № 11. – С. 108–117.
4. Бобцов А.А., Николаев Н.А. Синтез управления нелинейными системами с функциональными и параметрическими неопределенностями на основе теоремы Фрадкова // Автоматика и телемеханика. – 2005. – № 1. – С. 118–129.

Буздалова Арина Сергеевна
Год рождения: 1990
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра компьютерных технологий, группа № 6538
Направление подготовки: 010400 – Прикладная математика и информатика
e-mail: abuzdalova@gmail.com

УДК 004.85

ВЫБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ОПТИМИЗИРУЕМЫХ ВЕЛИЧИН ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭВОЛЮЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ С ПОМОЩЬЮ ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ

А.С. Буздалова
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.А. Шалыто

В работе рассматривается возможность реализации метода адаптивного выбора вспомогательных оптимизируемых величин с целью повышения эффективности эволюционных алгоритмов. В дальнейшем будем называть вспомогательные оптимизируемые величины вспомогательными критериями. Использование вспомогательных критериев в некоторых случаях позволяет повысить эффективность однокритериальной оптимизации [1]. В последнее время ведутся активные исследования по применению вспомогательных критериев в задачах дискретной оптимизации, решаемых с помощью эволюционных алгоритмов [2–6].

Использование вспомогательных критериев позволяет избежать остановки процесса оптимизации в локальных оптимумах целевого критерия [4, 5], а также расширяет исследуемую область пространства поиска [2], за счет чего оптимальное значение целевого критерия может быть найдено за меньшее число итераций эволюционного алгоритма.

Вспомогательные критерии, как правило, формулируются в ходе анализа задачи. Например, может проводиться декомпозиция целевого критерия на вспомогательные [6, 7]. Также существует пример автоматической генерации вспомогательных критериев для задачи о генерации тестов против решений олимпиадных задач [8].

Обычно об эффективности вспомогательных критериев довольно сложно судить заранее. Более того, один и тот же вспомогательный критерий на различных этапах процесса оптимизации может, как ускорять поиск оптимального значения целевого критерия, так и замедлять его [7]. В связи с этим возникает задача автоматического выбора вспомогательного критерия, наиболее эффективного на данном этапе оптимизации, из заранее подготовленного набора критериев.

Целью работы являлась разработка метода адаптивного выбора вспомогательных критериев, используемых для повышения эффективности эволюционных алгоритмов (Evolutionary Algorithms, EA). Предлагается метод выбора вспомогательных критериев с помощью обучения с подкреплением (Reinforcement Learning, RL), называемый EA+RL [9]. Агент обучения на каждой итерации эволюционного алгоритма выбирает критерий оптимизации из списка, состоящего из вспомогательных критериев и целевого. Выбранный критерий используется при формировании очередного поколения эволюционного алгоритма. Затем формируется некоторое представление состояния

эволюционного алгоритма, а также награда, зависящая от роста целевого критерия. Награда используется для обновления оценки ожидаемой награды в данном состоянии. Выбирается критерий, максимизирующий оценку ожидаемой награды. В случае, когда оценка одинакова, критерии выбираются равновероятно.

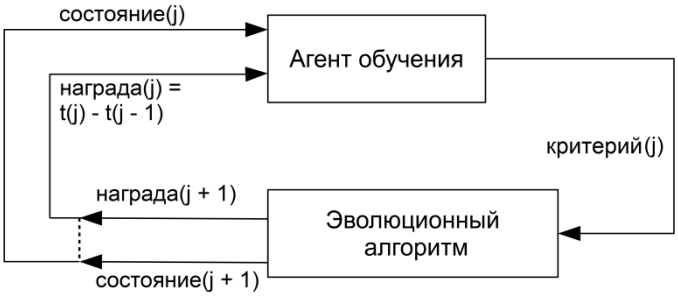


Рис. 1. Метод выбора критериев EA+RL, *t* – целевой критерий; *j* – номер итерации

Эффективность метода EA+RL была подтверждена экспериментально на примере решения ряда модельных задач, а также практической задачи генерации тестов [8]. Также получены теоретические результаты, показывающие на примере модельных задач, что метод EA+RL позволяет выбирать эффективный вспомогательный критерий и игнорировать неэффективный вспомогательный критерий [12].

Опишем модельную задачу *XdivK* с эффективным вспомогательным критерием. Пространство поиска – битовые строки длины n. Пусть x – число единиц в битовой строке. Требуется максимизировать целевой критерий: $t = \left\lfloor \frac{x}{k} \right\rfloor$, где k – целочисленный параметр, n mod k=0. В качестве вспомогательного критерия будем использовать значение x.

Заметим, что оптимизация по вспомогательному критерию позволяет достичь оптимума целевого критерия за меньшее число итераций. Пусть есть две битовые строки a и b с числом единиц y и z соответственно, $y<z$ (рис. 2). Пусть также с точки зрения целевого критерия эти строки не различаются. Однако использование строки b с большим числом единиц позволяет улучшить значение целевого критерия с большей вероятностью, чем использование строки a. Вспомогательный критерий ускоряет процесс оптимизации целевого критерия за счет того, что он позволяет выбрать строку b.

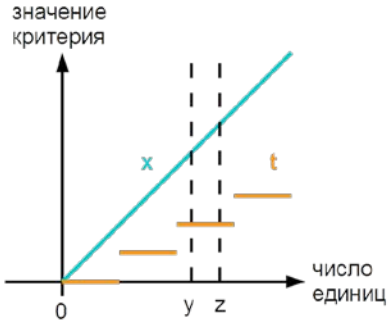


Рис. 2. Целевой и вспомогательный критерии в задаче *XdivK*

Далее на примере описанной модельной задачи будет сравнено время работы метода EA+RL и эволюционного алгоритма, не использующего вспомогательный критерий. Требуется показать, что метод EA+RL позволит использовать преимущества вспомогательного критерия и найти оптимальное значение целевого критерия за меньшее число итераций.

В качестве эволюционного алгоритма будем рассматривать метод спуска со случайными мутациями. В качестве обучения с подкреплением используется алгоритм Q-обучения [10, 11], поддерживающий текущую оценку ожидаемой награды, которая

обновляется в соответствии с формулой: $Q(s,f) = Q(s,f) + \alpha(r + \gamma\max_f Q(s',f') - Q(f,a))$, где f – выбранный критерий; состояние s – значение целевого критерия; награда r – разность значений целевого критерия на двух последовательных итерациях. Изначально Q инициализируется нулями.

Далее представлена общая схема доказательства оценки времени работы метода EA+RL при решении рассматриваемой задачи.

Представим процесс оптимизации как цепь Маркова (рис. 3). Общий вид цепи одинаков как для метода EA+RL, так и для метода спуска со случайными мутациями. Вершины цепи соответствуют числу единиц в строке. Цветом выделены вершины, в которых x нацело делится на k. Заметим, что из этих вершин отсутствуют переходы в вершины с меньшим значением x, так как эволюционный алгоритм выбирает строки с большим или равным значением текущего критерия.

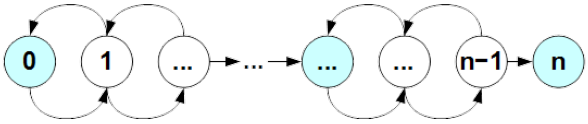


Рис. 3. Процесс оптимизации в виде цепи Маркова

Рассмотрим число итераций, необходимое для перехода из вершины x в вершину x+1. Пусть $Z_E(x)$ – математическое ожидание числа итераций метода спуска; $Z_R(x)$ – математическое ожидание числа итераций метода EA+RL. На рис. 4 для метода спуска и метода EA+RL рядом с каждым переходом цепи Маркова подписаны выбранный критерий, мутация и вероятность соответствующего перехода.

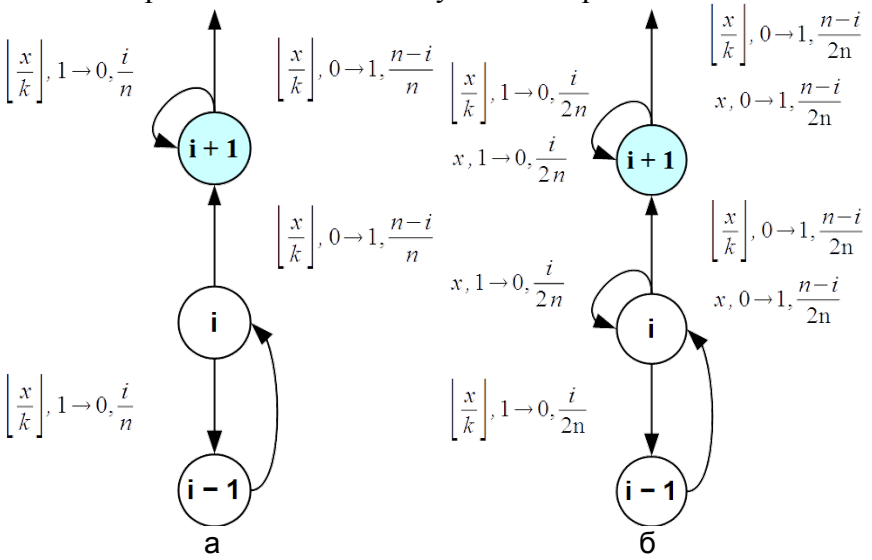


Рис. 4. Вероятности переходов в методе спуска (а) и в методе EA+RL (б)

Оценим вероятности переходов в случае использования метода спуска (рис. 4, а). Для состояний, в которых x делится нацело на k (x mod k=0), выполняется соотношение:

$$Z_E(x) = \frac{n-x}{n} + \frac{x}{n}(1 + Z_E(x)) = \frac{n}{n-x},$$

в то время как для остальных состояний выполняется:

$$Z_E(x) = \frac{n-x}{n} + \frac{x}{n}(1 + Z_E(x-1) + Z_E(x)) = \frac{n}{n-x} + Z_E(x-1)\frac{x}{n-x}.$$

Рассмотрим теперь вероятности переходов в случае использования метода EA+RL, выбирающего на каждой итерации вспомогательный или целевой критерий и передающий этот критерий в метод спуска со случайными мутациями (рис. 4, б). В этом случае вероятность перехода в состояние с меньшим числом единиц ниже, так как при

выборе вспомогательного критерия переход в строку с меньшим числом единиц осуществляться не будет.

Для состояний, в которых x делится нацело на k (x mod k=0), выполняется соотношение:

$$Z_R(x) = \frac{n-x}{n} + \frac{x}{n}(1 + Z_R(x)) = \frac{n}{n-x},$$

для остальных состояний выполняется:

$$Z_R(x) = \frac{n-x}{n} + \frac{x}{2n}\big(1 + Z_R(x)\big) + \frac{x}{2n}\big(1 + Z_R(x-1) + Z_R(x)\big), Z_R(x) =$$
$$= \frac{n}{n-x} + Z_R(x-1)\frac{x}{2(n-x)}.$$

Приведенные выражения представляются как:

$$Z_E(x) = \sum_{i=0}^{x \bmod k} \frac{\binom{n}{x-i}}{\binom{n-1}{x}} Z_R(x) = \sum_{i=0}^{x \bmod k} \quad 2^{-i}\frac{\binom{n}{x-i}}{\binom{n-1}{x}},$$

что можно доказать по индукции.

Для вычисления общего числа итераций, необходимого для достижения максимального значения целевого критерия, следует просуммировать полученные выражения вдоль рассмотренной цепи Маркова: $T_E(x) = \sum_{x=0}^{n-1} \quad Z_E(x)$ и $T_R(x) = \sum_{x=0}^{n-1} \quad Z_R(x)$. Можно показать, что $T_E(n,k) = T_R(n,k) = \Omega(n^k) = O(n^{k+1})$, где k – константа. Также можно показать, что если $n \to \infty$ при фиксированном k, то $\frac{T_E(n,k)}{T_R(n,k)} \geq 2^{k-2}(1 - o(1))$. Последнее выражение означает, что метод EA+RL позволяет решить модельную задачу *XdivK* не менее чем в 2^{k-2} раза быстрее, чем метод спуска со случайными мутациями.

Далее рассматривается применение предложенного метода EA+RL к генерации тестов для олимпиадной задачи «Ships. Version 2». Метод позволил повысить эффективность работы соответствующего эволюционного алгоритма. Эффективность эволюционного алгоритма определяется как число поколений, необходимое для генерации теста, на котором время работы тестируемого решения олимпиадной задачи превышает заданное ограничение.

Тесты генерируются в ходе выполнения генетического алгоритма (ГА), максимизирующего время работы тестируемого решения *t*. Таким образом, функция *t* является целевой функцией приспособленности (ФП). Метод EA+RL позволяет ускорять процесс оптимизации целевой ФП путем подстановки наиболее эффективных вспомогательных функций в качестве текущей ФП особи. Вспомогательные функции выбираются из заранее подготовленного набора, в который входят следующие функции:

- число итераций алгоритма решения *i*;
- суммарное число вызовов рекурсивной функции на каждой итерации *r*;
- упорядоченная пара, где – число вызовов рекурсивной функции на последней итерации.

В ходе эксперимента измерялась эффективность работы как обычных ГА, использующих различные ФП, так и ГА, настраиваемых с помощью метода EA+RL. Также был рассмотрен алгоритм Random, который случайным образом выбирал ФП для каждого поколения ГА. Каждый алгоритм запускался по 100 раз. В качестве алгоритмов обучения с подкреплением применялись алгоритмы Q-learning [10, 11] и Delayed Q-learning [10].

Результаты проведенного эксперимента представлены в таблице. Алгоритмы отсортированы в порядке возрастания среднего числа поколений, необходимого для генерации искомых тестов. Можно видеть, что оптимизация по целевой функции приспособленности *t* является неэффективной, в то время как оптимизация по функциям, назначаемым с помощью Delayed Q-learning, приводит к наиболее быстрому получению результата.

Таблица. Результаты эксперимента

Алгоритм	Использованные ФП	Доля успешных запусков	Среднее число поколений
ГА+Delayed Q-learning	*i*, *r*, *p*, *t*	90%	4411
ГА	*p*	89%	4497
ГА+Q-learning	*i*, *r*, *p*, *t*	85%	4580
ГА+Random	*i*, *r*, *p*, *t*	76%	6074
ГА	*i*	74%	8182
ГА	*r*	51%	15030
ГА	*t*	1%	990319

Результаты показывают, что метод EA+RL позволяет автоматизировать процесс выбора вспомогательных ФП таким образом, что эффективность генерации тестов для рассмотренной олимпиадной задачи значительно возрастает по сравнению с показателями, достигаемыми при использовании традиционной ФП.

В работе был предложен метод выбора вспомогательных оптимизируемых величин, основанный на применении обучения с подкреплением. Метод предназначен для повышения эффективности оптимизации целевого критерия с помощью эволюционных алгоритмов.

На примере двух модельных задач показано, что метод позволяет игнорировать вспомогательные величины, мешающие оптимизации целевого критерия, и выбирать вспомогательные величины, помогающие оптимизации целевого критерия. В частности, для первой задачи показано, что асимптотика времени работы предложенного метода такая же, как в случае отсутствия плохого критерия, и составляет $\Theta(n\log n)$, где n – размер решения. Для второй задачи получено отношение времени работы метода спуска со случайными мутациями ко времени работы предложенного метода, показывающее, что предложенный метод решает задачу не менее чем в 2^{k-2} раза быстрее, где k – параметр задачи.

Также предложенный метод использован для повышения эффективности генерации тестов против решений олимпиадных задач по программированию. Показано, что он позволяет решать поставленную задачу эффективнее, чем другие рассмотренные методы.

Литература

1. Евтушенко Ю.Г., Жадан В.Г. Точные вспомогательные функции в задачах оптимизации // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1990. – № 1. – Т. 30. – С. 43–57.
2. Neumann F., Wegener I. Can single-objective optimization profit from multiobjective optimization? // Multi-objective problem solving from nature: from concepts to applications, part 1. – 2008. – P. 115–130.
3. Segura C., Coello C.A.C., Miranda G., Le´on C. Using multi-objective evolutionary algorithms for single-objective optimization // 4OR. – 2013. – № 11(3). – P. 201–228.
4. Knowles J.D., Watson R.A., Corne D. Reducing local optima in single-objective problems by multi-objectivization // Proceedings of the First International Conference on Evolutionary Multi-Criterion Optimization, EMO'01. – 2001. – P. 269–283.
5. Brockhoff D., Friedrich T., Hebbinghaus N., Klein C., Neumann F., Zitzler E. On the effects of adding objectives to plateau functions // IEEE Trans. Evolutionary Computation. – 2009. – № 13(3). – P. 591–603.

6. Handl J., Lovell S., Knowles J. Multiobjectivization by decomposition of scalar cost functions // 10th International Conference Dortmund. – 2008. – P. 31–40.
7. Jensen M.T. Helper-objectives: Using multi-objective evolutionary algorithms for single-objective optimisation: Evolutionary computation combinatorial optimization // Journal of Mathematical Modelling and Algorithms. – 2004. – № 3(4). – P. 323–347.
8. Буздалов М.В. Генерация тестов для олимпиадных задач по программированию с использованием генетических алгоритмов // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 2 (72). – С. 72–77.
9. Buzdalova A., Buzdalov M. Increasing Efficiency of Evolutionary Algorithms by Choosing between Auxiliary Fitness Functions with Reinforcement Learning // Proceedings of the Eleventh International Conference on Machine Learning and Applications. – 2012. – V. 1. – P. 150–155.
10. Sutton R.S., Barto A.G. Reinforcement Learning: An Introduction. – MIT Press, Cambridge, MA, 1998. – 322 p.
11. Николенко С.И., Тулупьев А.Л. Самообучающиеся системы. – М.: МЦНМО, 2009. – 288 с.
12. Buzdalov M., Buzdalova A., Shalyto A. First Step towards the Runtime Analysis of Evolutionary Algorithm Adjusted with Reinforcement Learning // Proceedings of the Twelve International Conference on Machine Learning and Applications, ICMLA 2013. – 2013. – V. 1. – P. 203–208.

Булыгин Кирилл Александрович
Год рождения: 1991
Факультет компьютерных технологий и управления, кафедра вычислительной техники, группа № 6113
Направление подготовки: 230100 – Информатика и вычислительная техника
e-mail: kirill.bulygin@gmail.com

УДК 004.4'244+004.436.2

СРЕДСТВА ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ОПИСАНИЯ ЦИФРОВЫХ СХЕМ

К.А. Булыгин
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.Е. Платунов

В связи с ростом потребностей и аппаратных возможностей по созданию специализированных вычислительных машин и периферийных устройств возрастает потребность в прозрачных инструментальных средствах, позволяющих повысить уровень абстракции при описании цифровых схем и адаптируемых к новым задачам. Однако (в частности, поскольку область разработки цифровой аппаратуры является небольшой по сравнению с областью разработки программного обеспечения) имеющиеся средства, как правило, закрыты и специализированы, при этом развитие универсальных языков описания аппаратуры направлено в основном на повышение уровня абстракции при тестировании, но не при разработке аппаратных модулей.

Повышение уровня абстракции при сохранении возможности применять существующие системы автоматизированного проектирования (САПР) в области

электроники, реализуемое с помощью прозрачного инструментального средства, возможно посредством использования объектной модели, анализируемой и изменяемой пользовательским кодом. Благодаря работе на таком уровне становится относительно несложной поддержка дополнительных языковых конструкций для решения задач, часто встречающихся конкретному пользователю.

Целью работы являлось создание расширяемой пользователем системы, которая позволит работать с описанием цифровых схем на уровне объектной модели, принимая на вход RTL-описание на промежуточном языке (более удобном для использования) и генерируя RTL-описание на целевом языке (поддерживаемом существующими САПР). Основные требования к системе: возможность краткой записи часто используемых конструкций, простота расширения системы.

Базовой моделью вычислений при проектировании аппаратного обеспечения является так называемый уровень RTL (Register-Transfer Level, уровень регистровых передач) [1–3]. Согласно этой модели вычислений, работа синхронной схемы представляется в виде управляемой явно выраженными сигналами синхронизации последовательности передач между регистрами, которым могут соответствовать как элементы памяти, так и элементы комбинационной логики. Также в качестве части уровня RTL выделяется [1] организация составных блоков посредством строгого древовидного представления отдельных блоков.

Уровень RTL удобен во многих отношениях. Он близок к уровню естественного графического описания схем в терминах таких примитивов, как мультиплексор, демультиплексор, регистр, сдвиговый регистр и т.д., что позволяет создавать компактные схемы. С другой стороны, данные примитивы выражаются в текстовой форме в привычном для многих разработчиков алгоритмическом виде (как условные конструкции, переменные, операции сдвига и т.д.). Многие САПР в области электроники (Electronic Design Automation, EDA) принимают в качестве исходных данных модели аппаратных блоков, выраженные на уровне RTL.

Процесс создания аппаратного блока разработчиком, знакомым с уровнем RTL, можно представить в виде следующей схемы (рис. 1).

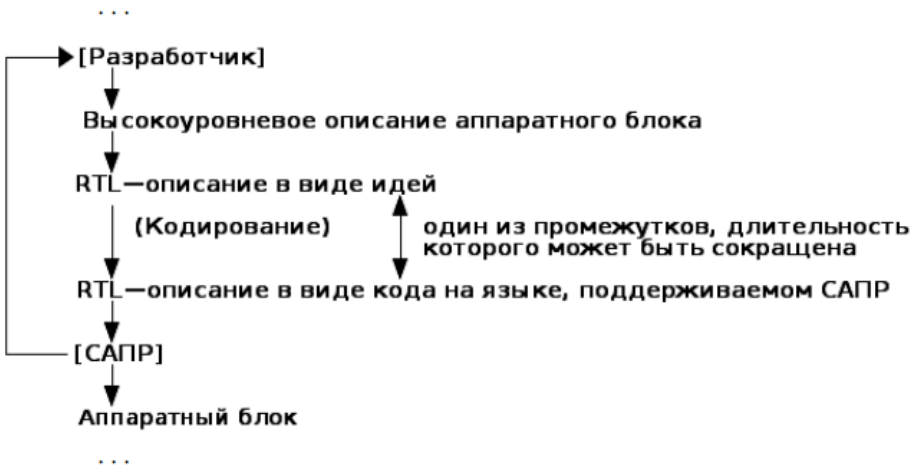


Рис. 1. Традиционный процесс разработки аппаратного блока

Разработчик получает задание и в общих чертах проектирует аппаратный блок, выводя его высокоуровневое представление в явном или неявном виде. Затем, пользуясь опытом проектирования на уровне RTL, разработчик понимает, как преобразовать это представление в RTL-код. Такое понимание обозначено на схеме как «RTL-описание в виде идей». Далее наступает этап кодирования, на котором разработчик оперирует терминами конкретного языка, поддерживаемого используемой

САПР. Наконец, получившийся код подается на вход данной САПР, ее работа анализируется. В результате получается аппаратный блок в каком-либо виде, этот блок тестируется и т.д.

Этап кодирования является одним из наименее творческих и при этом трудоемких этапов разработки аппаратного блока, и его длительность желательно сократить.

Введем пункты «RTL-описание в виде кода на промежуточном языке» и «Промежуточная САПР», расширив вышеприведенную схему следующим образом (рис. 2).

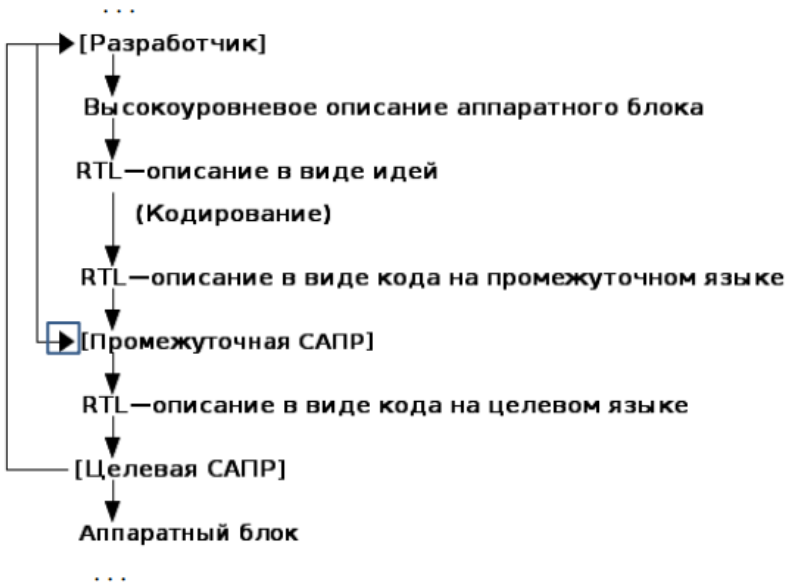


Рис. 2. Предлагаемый процесс разработки аппаратного блока

Если промежуточный язык более удобен для разработчика, чем целевой язык, но находится на таком же семантическом уровне, то время на кодирование сократится без изменения результата. Время на кодирование каждого аппаратного блока может сократиться еще значительнее, если разработчик имеет также возможность модифицировать промежуточную САПР, добавляя, таким образом, в промежуточный язык поддержку часто используемых им конструкций, а также добавляя средства анализа кода (например, построение графа зависимостей между всеми сигналами или внутри определенной группы).

Очевидно, что процесс обработки RTL-описания промежуточной САПР сводится к оперированию понятиями промежуточного языка, такими как понятие сигнала, выражения, модуля и т.д. Естественной, удобной и универсальной формой такого оперирование понятиями является представление соответствующих понятий в виде системы взаимосвязанных объектов (в терминах объектно-ориентированного программирования), называемой объектной моделью. Если промежуточная САПР позволит получать из кода на промежуточном языке объектную модель и позволит генерировать по объектной модели код на целевом языке, то ее расширение будет сводиться к процедурам, оперирующим программными объектами, что в данном случае представляется единственным подходом, дающим полную свободу разработчику, модифицирующему САПР, и при этом не требующим написания большего объема кода, чем это требуется для конкретного вида обработки.

Основными языками описания цифровых схем являются Verilog [4] и VHDL. Несмотря на различие в синтаксисе (язык Verilog подобен в синтаксическом отношении языку Си, а язык VHDL – языку Ada), в семантическом отношении эти языки весьма похожи. Язык Verilog обладает несколько большей поддержкой САПР в области

электроники, и описания на языке Verilog, как правило, компактнее описаний на языке VHDL.

Существует также развитие языка Verilog, язык SystemVerilog, однако изменения в нем касаются в основном описания моделей тестового окружения (testbenches), и, кроме того, язык SystemVerilog не обладает такой широкой поддержкой САПР, как язык Verilog: в частности, для программирования многих программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) фирмы Xilinx (являющейся крупнейшим производителем ПЛИС) требуется использовать некоторые программы из комплекса ISE, синтезатор (XST), а также симулятор (ISim) из этого комплекса не поддерживают язык SystemVerilog.

Таким образом, в качестве целевого языка использован язык Verilog, точнее, его последняя на данный момент версия, описанная в стандарте IEEE 1364-2005 [4].

Работа промежуточной САПР в общем виде изображена на рис. 3.

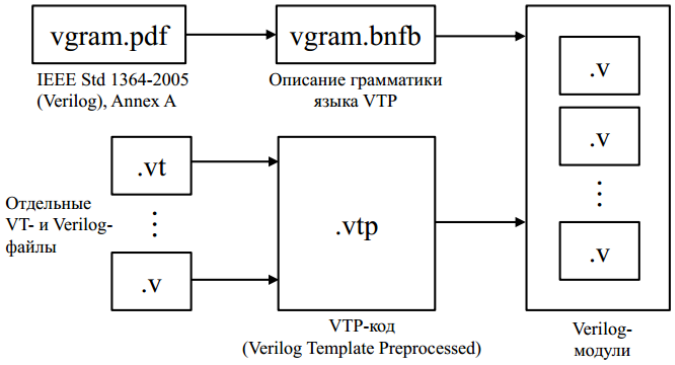
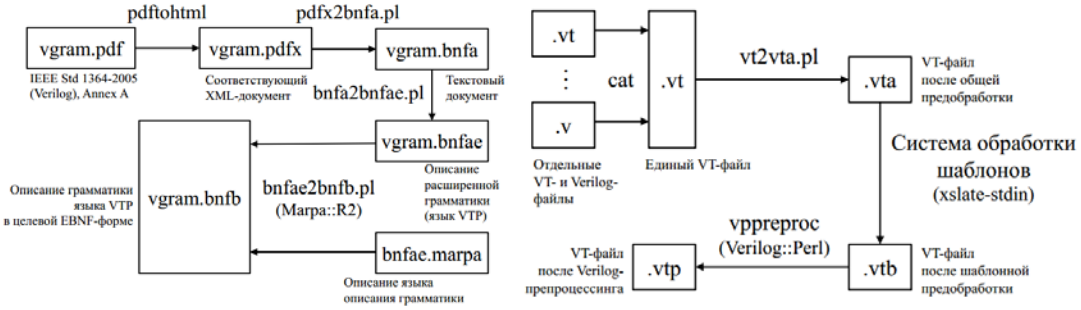


Рис. 3. Общая схема работы промежуточной САПР

На вход САПР принимает часть PDF-документа, содержащего стандарт языка Verilog и распространяемого институтом IEEE. Эта часть (нормативное приложение A) содержит описание грамматики языка Verilog в одной из расширенных форм Бэкуса–Наура. Данное описание грамматики автоматически дополняется и приводится к форме, поддерживаемой используемым синтаксическим анализатором (Marpa::R2). Также на вход САПР подается множество файлов проекта с описаниями на языке Verilog и на разработанном языке VT (Verilog Template). Множество описаний в дальнейшем рассматривается как единый VTP-код (Verilog Template Preprocessed). В результате работы САПР генерирует множество файлов, соответствующих Verilog-модулям проекта.

Схемы отдельных цепочек преобразования представлены на рис. 4, 5.



а б

Рис. 4. Получение описания грамматики языка VTP (а); получение VTP-кода по VT- и Verilog-моделям (б)

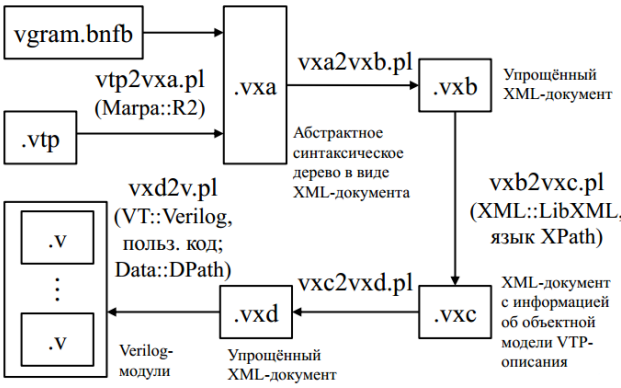


Рис. 5. Получение Verilog-модулей по VTP-коду

Программы с суффиксом «.pl» (написанные на языке Perl), которые указаны на схемах, были разработаны в рамках настоящей работы.

Примеры дополнительных возможностей, предоставляемых разработанным языком и САПР: регистры конечного автомата (каждому из которых соответствует два Verilog-регистра, код для сброса и поддержания значения которых вставляется автоматически), сокращенное объявление списка параметров (такого, как список состояний конечного автомата), сокращенное обозначение диапазонов, возможность опускать некоторые ключевые слова, Си-подобные операторные скобки, комбинированные операторы блокирующего присваивания (например, «+=») и т.д.

Для добавления дополнительных возможностей, благодаря работе на уровне объектной модели, требуется сравнительно небольшой объем пользовательского кода на скриптовом языке Perl. Например, синтаксическая поддержка комбинированных операторов блокирующего присваивания реализуется следующим кодом:

```
if (/^blocking_assignment ::=/) {
 s/'='/blocking_assignment_operator/;
 my @ops = qw(+ - * / % && || ** & | ^ ^~ ~^ >> << >>> <<<);
 my $s = join ' | ', map { "'$_='" } @ops; # генерация списка операторов
 print "blocking_assignment_operator ::= '=' | $s\n";
}
```

Для обработки соответствующих конструкций на уровне объектной модели, т.е. для ее преобразования в соответствующую форму языка Verilog, требуется лишь следующий код:

```
# Для каждого процедурного присваивания данного модуля
for my $pa (@{$module->{proc_assignments}}) {
 # Проверяем, что присваивание блокирующее, комбинированное,
 # имеет лишь один сигнал в левой части.
 next unless $pa->{is_blocking};
 my $op = $pa->{blocking_operator}; next unless $op ne '=';
 my $lhs_ident = $pa->{variable_lvalue}->{identifier} // next;
 # Создаем новую правую часть на основе старой.
 $pa->{expression} = VT::Verilog::expression->new(
 arity => 2,
 op => VT::Verilog::operator->new( type => ($op =~ s/=$//r), arity => 2 ) ),
 args => [ $lhs_ident, $pa->{expression} ],
 );
 # Меняем знак оператора
 $pa->{blocking_operator} = '=';
}
```

Таким образом, в результате работы была создана система, отвечающая вышеуказанным требованиям (возможность краткой записи часто используемых конструкций, простота расширения системы). Новизна работы заключается в том, что пользователю становится доступен уровень объектной модели Verilog-кода: это приводит к значительному упрощению анализа и синтеза Verilog-кода, поддерживаемого существующими САПР в области электроники. Система используется в компании, занимающейся разработкой встроенных систем, в рамках задач цифровой обработки сигналов и коммутации интерфейсов на базе ПЛИС.

Литература

1. The Authoritative Dictionary of IEEE Standards Terms. – 7th ed. – IEEE Press, 2000. – 1352 p.
2. Ciletti M. Advanced Digital Design with the Verilog HDL. – Prentice-Hall, 2003. – 982 p.
3. Chu P. FPGA Prototyping By Verilog Examples. – Wiley, 2008. – 486 p.
4. IEEE Standard for Verilog Hardware Description Language (IEEE Std 1364-2005). – IEEE Press, 2005.

Бутылкина Ксения Дмитриевна
Год рождения: 1991
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа № 6309
Направление подготовки: 200400 – Оптотехника
e-mail: butylkinax@gmail.com

УДК 5202:535.1

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТРЕХЗЕРКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТИВОВ БЕЗ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

К.Д. Бутылкина
Научный руководитель – к.т.н., доцент Г.И. Цуканова

В настоящее время большой интерес проявляется к исследованию просторов Вселенной, изучению процессов, протекающих в ней. Для решения такого рода задач создаются мощные телескопы, обладающие одновременно большой апертурой, широким полем зрения и высоким качеством изображения [1, 2]. По классификации астрономов таковыми являются обзорные телескопы.

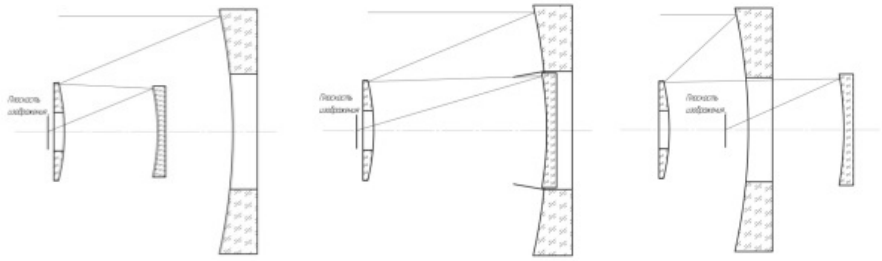
Для создания таких систем могут быть применены трехзеркальные системы. По классификации может быть четыре вида таких систем [3]:

1. трехзеркальные системы без промежуточного изображения;
2. трехзеркальные системы с промежуточным изображением после отражения от двух зеркал;
3. трехзеркальные системы с двумя промежуточными изображениями;
4. трехзеркальные системы с промежуточным изображением после отражения от первого зеркала.

Наибольшее распространение получили два типа систем: 1 и 3. Среди систем первого типа есть системы с выпуклым вторым и вогнутым третьим зеркалами, а также системы с вогнутым вторым и выпуклым третьим зеркалами. Для создания светосильных и широкоугольных систем наилучшим образом подходят системы с выпуклым вторым и вогнутым третьим зеркалами. Системы без промежуточного изображения с вогнутым вторым и выпуклым третьим зеркалами подходят меньше, так как имеют большую осевую длину.

Системы с выпуклым вторым и вогнутым третьим зеркалами различаются по взаимному расположению зеркал:

- третье зеркало расположено между первым и вторым зеркалами, это системы типа систем Пихта (рис. 1, а);
- третье зеркало вблизи первого (рис. 1, б);
- третье зеркало вне пространства между первым и вторым зеркалами (рис. 1, в).



а б в

Рис. 1. Классификация систем по взаимному расположению зеркал

После выбора исходного типа систем проводился расчет таких систем в области аберраций третьего порядка [4]. Исправлялись: сферическая аберрация, кома, астигматизм, кривизна изображения. Радиусы и воздушные промежутки определяются из конструктивных соображений и условия устранения кривизны изображения (рис. 2).

$\alpha_1=0$
$\alpha_4=-1$
$f'=-1$
$h_1=1$

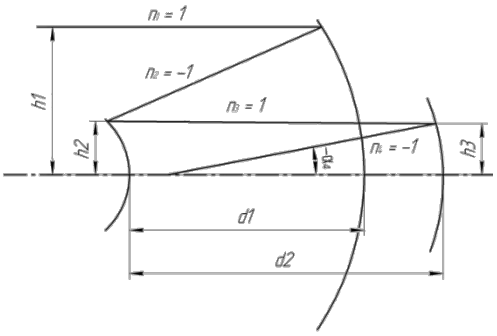


Рис. 2. Принципиальная оптическая схема исследуемого объектива

Условие устранения кривизны изображения:

$$\alpha_2 - \frac{\alpha_3 + \alpha_2}{h_2} + \frac{\alpha_4 + \alpha_3}{h_3} = 0 \ ,$$

где α – углы нулевых лучей с оптической осью; h – высоты нулевых лучей на главных плоскостях.

Параметрами для исправления сферической аберрации, комы и астигматизма являются коэффициенты деформации зеркал. Для выполнения расчета составляется система уравнений из коэффициентов аберраций третьего порядка. Решение системы уравнений позволяет определить квадраты эксцентриситетов зеркал.

$$\sigma_1 = \frac{2S_2 + 2S_3 - 8a}{S_2 S_3 \alpha_2^3} - 1 \ , \ \sigma_2 = \frac{2S_3 - 8a}{h_2 S_2 (S_3 - S_2)(\alpha_3 + \alpha_2)^3} - \frac{(\alpha_3 - \alpha_2)^2}{(\alpha_3 + \alpha_2)^2} \ ,$$

$$\sigma_3 = \frac{2S_2 - 8a}{h_3 S_3 (S_3 - S_2)(\alpha_4 + \alpha_3)^3} - \frac{(\alpha_4 - \alpha_3)^2}{(\alpha_4 + \alpha_3)^2},$$

где

$$S_2 = \frac{-d_1}{h_2}, \; S_3 = \frac{d_2}{h_2 h_3}, \; a = \frac{1}{2}\left[S_2(\alpha_3^2 - \alpha_2^2) + S_3(\alpha_4^2 - \alpha_3^2)\right],$$

где d_1 – расстояние между первым и вторым зеркалами; d_2 – расстояние между вторым и третьим зеркалами.

С помощью данных формул создается ряд исходных систем (порядка 250 систем). Далее проводится анализ систем, в результате которого выбираются наиболее удачные конструкторские решения. Системы с большими межосевыми расстояниями громоздки и неудобны, более удачным решением будут системы, в которых расстояние между первым и вторым зеркалами и расстояние между вторым и третьим зеркалами приблизительно равны. Желательно также, чтобы изображение не находилось в промежутке между зеркалами, а было вынесено за вершину вторичного зеркала.

При разработке объективов мало добиться исправления аберраций, так как можно получить безаберрационные системы, в которых будет невозможно защитить плоскость изображения от постороннего света или они будут иметь большее экранирование [5].

Экранирование в трехзеркальных системах может быть двух видов: не зависящее от относительного отверстия и углового поля и зависящее от них.

Экранирование, независящее от относительного отверстия и углового поля, могут вызывать следующие элементы:

– второе зеркало;
– третье зеркало, если оно расположено между первым и вторым (рис. 1), так как лучи, отраженные от первого зеркала, могут экранироваться третьим зеркалом (рис. 3).

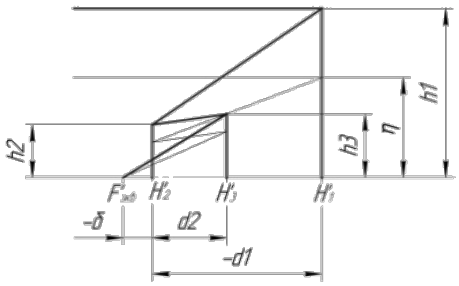


Рис. 3. Экранирование, вызываемое третьим зеркалом

Коэффициент экранирования η определяется по формуле:

$$\eta = \frac{d_1 h_2}{h_2 d_1 - (1 - h_2) d_2};$$

– отверстие в главном зеркале, если между вторым и третьим зеркалами расходящийся ход лучей (рис. 4).

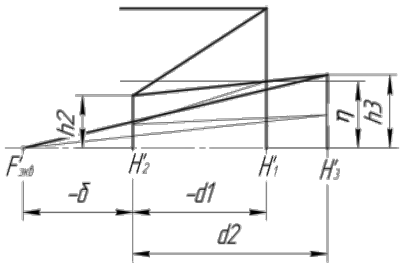


Рис. 4. Экранирование, вызываемое отверстием в главном зеркале

Коэффициент экранирования, вызываемый отверстием в главном зеркале, определяется по формуле:

$$\eta = h_2 + \frac{h_2 - h_3}{d_2} d_1;$$

– отверстие во втором зеркале (рис. 5).

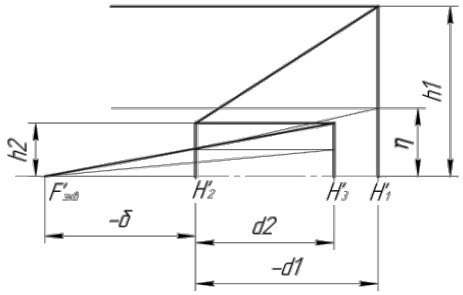


Рис. 5. Экранирование, вызываемое отверстием во втором зеркале

Коэффициент экранирования определяется по формуле:

$$\eta = \frac{-\delta}{h_2}.$$

Экранирование, зависящее от относительного отверстия и углового поля, определяется с учетом защиты от постороннего света. В системе проводился расчет защитных бленд.

На плоскость изображения может попасть следующий посторонний свет:

– отраженный только от третьего зеркала (рис. 6);

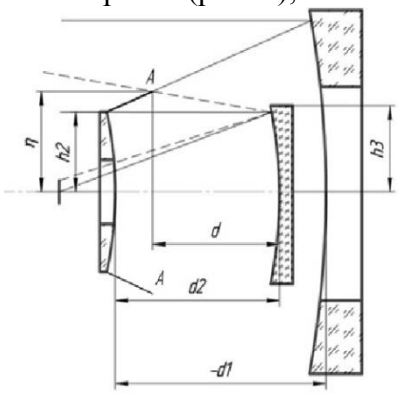


Рис. 6. Защита плоскости изображения от постороннего света, отраженного только от третьего зеркала

Коэффициент экранирования, зависящий от относительного отверстия и углового поля, определяется по формуле:

$$\eta = \tan\omega \frac{2kd}{h_2} + h_3,$$

где k – диафрагменное число; d – расстояние от края бленды у второго зеркала до апертурной диафрагмы (АД); ω – угловое поле системы;

– отраженный только от первого зеркала (может быть срезан блендой, установленной у главного зеркала).

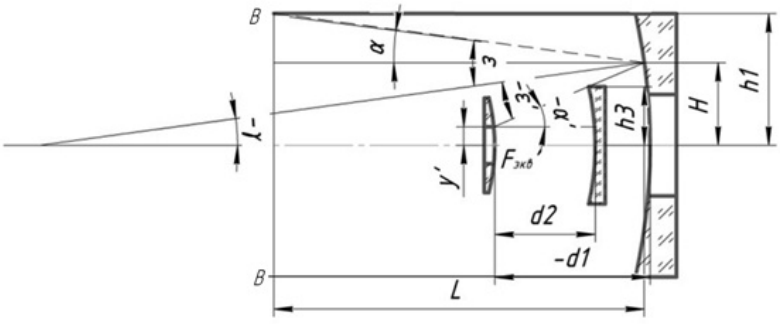


Рис. 7. Защита плоскости изображения от постороннего света, отраженного только от первого зеркала

Была определена длина защитной бленды ВВ (рис. 7):

$$L = \frac{h_1 - H}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

С помощью полученных формул определены коэффициенты экранирования для отобранных ранее систем. Для дальнейшего исследования оставлены системы, у которых коэффициент экранирования по диаметру с учетом углового поля, диафрагменного числа и защиты плоскости изображения от постороннего света не превышает значения $\eta \leq 0{,}55$ (табл. 1).

После анализа исходных систем по конструктивным данным проводился аберрационный расчет при одинаковых характеристиках: угловое поле 3º, относительное отверстие 1:1,7 и фокусное расстояние 1200 мм. В системах данного типа входной зрачок не может быть расположен на главном зеркале, так как невозможно обеспечить защиту от постороннего света (большой диаметр третьего зеркала). АД располагается на третьем зеркале, если оно расположено в промежутке между первым и вторым зеркалами, или в отверстии первого зеркала, если третье зеркало находится вне этого промежутка. При дальнейшем исследование систем были приняты эти условия.

Таблица 1. Отобранные системы

Система	α_2	α_3	h_2	h_3	d_1	d_2	r_1	r_2	r_3	σ_1	σ_2	σ_3	ηd	ηw
I	–1,43	0,00	0,30	0,30	–0,49	0,40	–1,400	–0,420	–0,600	–1,153565	–1,1855	–0,04845	0,35	0,42
II	–1,67	0,00	0,40	0,40	–0,36	0,40	–1,200	–0,480	–0,800	–1,352941	–1,768	–0,47059	0,40	0,49
III	–1,82	0,00	0,45	0,45	–0,303	0,40	–1,100	–0,495	–0,900	–1,461646	–2,00066	–0,84839	0,45	0,53
IV	–1,5	–0,02	0,35	0,36	–0,433	0,44	–1,33	–0,461	–0,704	–1,209331	–1,261378	–0,0790352	0,36	0,47
V	–1,5	–0,10	0,4	0,44	–0,40	0,40	–1,33	–0,500	–0,800	–1,411523	–1,449219	–0,2102847	0,44	0,53
VI	–1,8	–0,01	0,45	0,46	–0,306	0,45	–1,11	–0,497	–0,900	–1,385944	–1,741202	–0,5029976	0,45	0,52

Здесь ηd – коэффициент экранирования, независящий от относительного отверстия и углового поля; ηw – коэффициент экранирования, независящий от относительного отверстия и углового поля.

Для этих систем проведена оптимизация с использованием в качестве параметров квадратов эксцентриситетов поверхностей зеркал e^2. Полученные данные приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты оптимизации

Остаточные аберрации высших порядков до оптимизации				Аберрации после оптимизации с использование поверхностей только второго порядка		
Система	m=360	ω=1,5º		ω=1,5º		$W_{СКВ}$
	$\Delta S'$	Z'_m	$\Delta S'$	Z'_m	Z'_S	
I	–14,4663	0,0258	–1,896	0,0913	0,0893	0,328
II	–26,0276	–0,0017	–3,35	0,175	0,1854	0,686
III	–32,1124	–0,0010	–2,43	0,1533	0,1228	0,335
IV	–20,9822	0,0017	–0,61	0,0069	0,058	0,285
V	–22,9186	–0,0099	–3,159	0,1698	0,1743	0,628
VI	–19,7262	–0,0558	–4,356	0,2594	0,2437	0,839

Из табл. 2 видно, что использование только поверхностей второго порядка не дает хорошего качества изображения. В связи с этим заменили поверхности первого и второго зеркал второго порядка на асферические поверхности высшего порядка. Для этого производился возврат к исходным системам с исправленными аберрациями третьих порядков, и рассматривалась каждая система отдельно. Для двух систем получился наилучший результат.

Первая система. Конструктивные параметры полученной системы:
фокусное расстояние 1200 мм;
относительное отверстие 1:1,4;
угловое поле 2ω =2º (рис. 8).

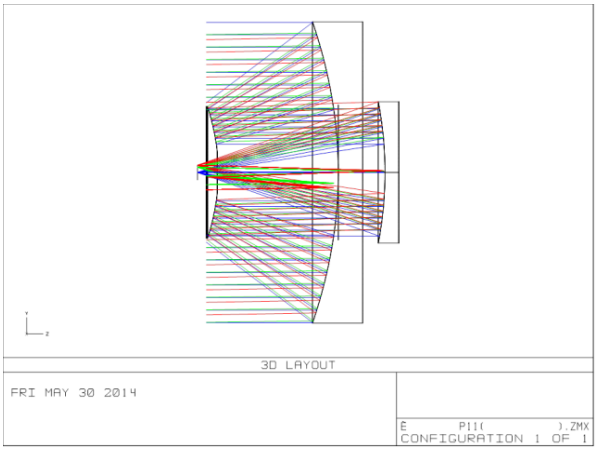


Рис. 8. Оптическая схема объектива с f '=1200 мм, 2ω = 2º, отн. отв. 1:1,4

N	r	d	h
1	–1256,35*	–345,5	420,04
2	–565,36**	480,0	194,61
3	–1080,00***		198,619

Уравнения поверхностей:

$*x^2+y^2=-2512{,}693848z+0{,}408157z^2-0{,}0004235z^3$

$**x^2+y^2=-1130{,}713867z+0{,}85968z^2-0{,}0008608z^3$

$***e_3^2=-2160z-0{,}191035z^2$

Для первой системы возникают проблемы с коррекцией аберраций на краю поля. Но можно получить хорошее качество изображения при большем относительном отверстии 1:1,4 и меньшем размере углового поля – 2º.

Вторая система. Оптические характеристики системы:

фокусное расстояние 1200 мм;

угловое поле 2ω = 3º;

относительное отверстие 1:1,67;

конструктивные параметры:

N	*r*	*d*	*h*
1	–1563,762*	–469,25	718,374
2	–587,372**	480,00	290,722
3	–960,000***		322,262

Уравнения поверхностей:

$*x^2+y^2=-3127{,}524414z+0{,}385358z^2-0{,}00033344z^3$

$**x^2+y^2=-1174{,}74485z+0{,}419791z^2-0{,}0003039z^3$

$***x^2+y^2=-1920z-0{,}8044444z^2$

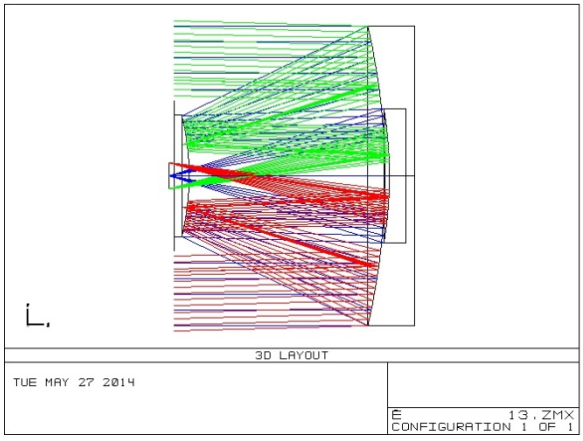


Рис. 9. Оптическая схема отобранной системы

Вторая система (рис. 9) больше подходит в качестве исходной для светосильного широкоугольного объектива телескопа. Для нее проведена оптимизация по средней квадратичной деформации волнового фронта (СКВ). Данная система даже при одной асферической поверхности высшего порядка имела неплохое качество изображения (СКВ = 0,111 для λ=0,546 мкм), однако при двух – СКВ =0,09 для λ=0,546 мкм.

В системе нет необходимости добиваться дифракционного качества изображения. Достаточно, чтобы она могла работать с приемником, имеющим размеры пикселей порядка 6–10 мкм. Таким образом, качество полученной системы хорошее.

В ходе выполнения работы был проведен анализ современных зеркальных систем телескопов, выявлены направление развития, получены формулы для габаритного и аберрационного расчетов исходных систем трехзеркальных плананастигматов в области аберраций третьего порядка. Получены формулы для определения коэффициента экранирования в трехзеркальных системах без промежуточного изображения, диаметров и длин бленд, защищающих плоскость изображения от постороннего света. Получены исходные системы, для них исследованы конструктивные особенности, определены коэффициенты экранирования, отобраны

системы с оптимальными конструктивными данными. Для отобранных 6 систем исследованы аберрации высших порядков и коррекционные возможности, для двух систем выполнены оптимизация и анализ качества изображения.

Литература

1. Теребиж В.Ю. Современные оптические телескопы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 80 с.
2. Денисенко С.А., Камус С.Ф., Пименов Ю.Д., Тергоев В.И., Папушев П.Г. Светосильный широкоугольный телескоп АЗТ-33ВМ // Оптический журнал. – 2009. – Т. 76. – № 10. – С. 48–51.
3. Цуканова Г.И. Классификация трехзеркальных объективов // 31 Internationales Wissenschaftliches Kolloquium. Techische Hochschule Ilmenaux. – 1986. – № 3. – С. 225.
4. Чуриловский В.Н. Теория хроматизма и аберраций третьего порядка. – Л.: Машиностроение, 1968. – 312 с.
5. Цуканова Г.И. Исследование экранирования, виньетирования и аберраций высших порядков в трехзеркальных плананастигматах // Оптико-механическая промышленность. – 1991. – № 3. – С. 37–40.

Вараткова Александра Павловна
Год рождения: 1991
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра оптико-электронных приборов и систем, группа № 6312
Направление подготовки: 200400 – Оптотехника
e-mail: varatkova@mail.ru

УДК 621.397

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ВИРТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ НАБЛЮДЕНИЯ

А.П. Вараткова
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Л. Андреев

Целью работы являлась разработка программно-методического обеспечения виртуального лабораторного комплекса, предназначенного для проведения исследований, направленных на решение задач по оптимизации решающих правил, алгоритмов, а также обоснования требований к параметрам отдельных звеньев проектируемых автоматизированных систем наблюдения.

Методика моделирования алгоритма селекции изображений малоразмерных целей на сложном фоне, представлена в виде блок-схемы (рис. 1, а), поясняющей логическую структуру разработанной виртуальной модели лабораторной установки.

На основании проведенных исследований можно сформулировать следующие выводы:

1. описанный выше алгоритм при оптимально выбранных параметрах решающего правила и обоснованных требованиях к отдельным звеньям аппаратной структуры автоматизированной системы видеонаблюдения позволяет успешно решать задачу

выделения слабых оптических сигналов от малоразмерных (в предельном случае – точечных) целей, наблюдаемых в присутствии существенно более контрастных (в несколько десятков раз) мешающих деталей фона;

2. наиболее предпочтительным в составе решающего правила является использование двумерного медианного фильтра с минимально возможной апертурой, согласованной с размерами изображения выделяемого объекта. При этом достигаются наилучшие условия для селекции малоразмерных целей на фоне резких скачков яркости фона;
3. при оптимально выбранных параметрах системы основное влияние на возможности селекции малоконтрастных точечных объектов на фоне резких контрастных изменений фоновой составляющей оказывает ограничение динамического диапазона используемых приемников оптического излучения;
4. с помощью описанной выше компьютерной модели методом статистических испытаний можно получать необходимые зависимости, позволяющие оптимизировать параметры отдельных звеньев и прогнозировать поведение автоматизированной системы видеонаблюдения в различных заданных условиях еще на ранних стадиях проектирования.

Когда размеры выделяемых наблюдаемых объектов соизмеримы с «фоновыми» объектами, в этом случае более эффективными оказываются алгоритмы межкадровой обработки. Методика моделирования алгоритма формирования и обработки межкадрового разностного сигнала при обнаружении объектов в сложных условиях наблюдения представлена далее в виде блок-схем на рис. 1, б.

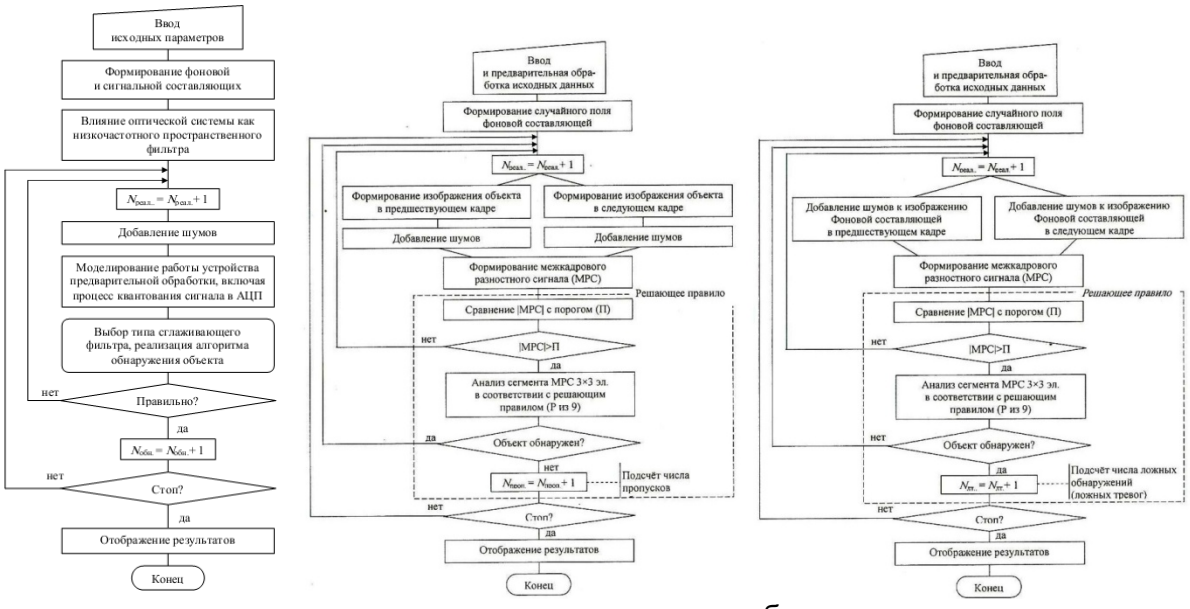


Рис. 1. Блок-схемы, иллюстрирующие логическую структуру модели АВС, реализующей процедуру: внутрикадровой обработки изображений в задаче селекции малоразмерной цели при наличии существенной неоднородности окружающего фона (а); иллюстрирующие логическую структуру модели АВС, межкадровой обработки изображений в задаче обнаружения подвижного объекта (б)

При сопоставлении результатов моделирования видно, что при определенном соотношении параметров решающего правила в составе алгоритма обнаружения не было зарегистрировано ни одной ошибки первого и второго рода.

Блок-схема, поясняющая логику работы виртуальной модели для алгоритма измерения координат точечной цели приведена на рис. 2.

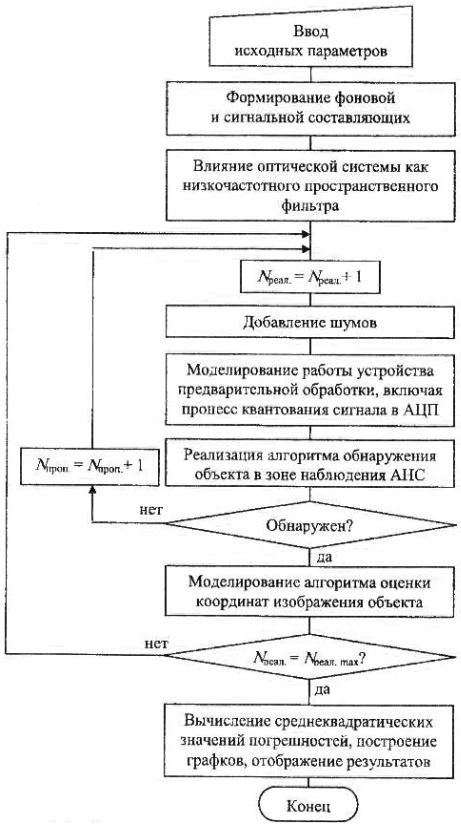


Рис. 2. Блок-схема, иллюстрирующая логическую структуру модели АВС, реализующей процедуру обнаружения и измерения координат малоразмерных объектов

Зависимости позволяют определять величину отношения сигнал/шум, при котором доля случайной «шумовой» составляющей погрешности измерения координат энергетического центра изображения точечного объекта не превышает заданной допустимой величины. Результаты моделирования представляют возможным выбор достаточной разрядности аналого-цифрового преобразователя, при которой влияние «шумов квантования» становится пренебрежимо малым по сравнению с влиянием других источников помех. И показывают, что оптимальный размер для радиуса кружка рассеяния при аппроксимации весовой функции объектива находится в пределах 0,5–0,7 величины пространственного шага элементов.

Достоинством данной работы является то, что разработанный комплекс виртуальных моделей может быть непосредственно использован в учебном процессе при выполнении фронтальным методом лабораторных работ. С его помощью можно за короткое время и без материальных затрат на ранней стадии проектирования прогнозировать поведение и метрологические характеристики будущей системы. Модель допускает возможность раздельного исследования влияния различных звеньев и источников помех на качественные характеристики системы. Модульный принцип реализации модели позволяет ее модернизировать путем добавления альтернативных алгоритмов обработки изображений, способов задания дестабилизирующих факторов и различных видов приемников излучения.

Литература

1. Андреев А.Л. Автоматизированные видеоинформационные системы. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 103 с.

2. Андреев А.Л. Моделирование и расчет автоматизированных видеоинформационных систем наблюдения за объектами. Методические указания к лабораторным работам. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 77 с.
3. Андреев А.Л. Автоматизированные телевизионные системы наблюдения. Часть II. Арифметико-логические основы и алгоритмы. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2005. – 88 с.

Грибаев Алексей Иванович
Год рождения: 1991
Факультет инфокоммуникационных технологий,
кафедра световодной фотоники, группа № 6951
Направление подготовки: 210700 – Инфокоммуникационные технологии и сети связи
e-mail: digolu@rambler.ru

УДК 681.7.063

СОЗДАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ЗАПИСИ ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК ОДИНОЧНЫМ ИМПУЛЬСОМ ЭКСИМЕРНОГО ЛАЗЕРА

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

Волоконные решетки Брэгга (ВРБ) в настоящее время довольно широко используются в оптических волокнах (ОВ) для уплотнения каналов по длине волны, оптической фильтрации сигналов, как резонаторные зеркала в полупроводниковых и волоконных лазерах, как сглаживающие фильтры в оптических усилителях, для компенсации дисперсии в магистральных каналах связи. Иной областью применения волоконных брэгговских решеток является использование их в различных современных измерительных системах, детектирующих такие параметры окружающей среды, как: температура, влажность, давление, деформация, содержание химических веществ.

Оптимизация технологии записи в оптическое волокно распределенных брэгговских решеток является основным этапом в создании современных измерительных комплексов. Разрабатываемые на основе таких световодов гидроакустические антенны, системы охраны протяженных объектов и системы мониторинга состояния магистральных трубопроводов находят все более широкое применение за рубежом. Отличительной особенностью этих систем является большая протяженность контролируемых зон, быстродействие и уникальные информационные возможности.

Целью работы являлось создание и оптимизация параметров лабораторного стенда для ВРБ одиночным импульсом эксимерного лазера. Для создания схемы записи ВБР был выбран метод записи фазовой маски (ФМ) в связи с относительной простотой ее реализации и исключением дорогостоящих оптомеханических позиционеров.

Для создания стенда нам было необходимо подобрать оборудование:

1. эксимерный лазер с рабочей газовой смесью ArF;
2. оптические элементы, оптимизированные под длину волны излучения 193 нм;
3. оптомеханические позиционеры для выставления элементов схемы и ОВ относительно лазерного излучения.

После подбора оборудования были проведены исследования параметров пучка эксимерного лазера Optosystems Ltd CL7020 с рабочей газовой смесью ArF. Исследовались временной профиль импульса, поляризованность излучения, зависимость среднеквадратичного отклонения энергии от импульса к импульсу, от подаваемого напряжения на тиратроне. Далее приступили к созданию и оптимизации лабораторного стенда для записи ВБР методом ФМ, схема которого представлена на рис. 1.

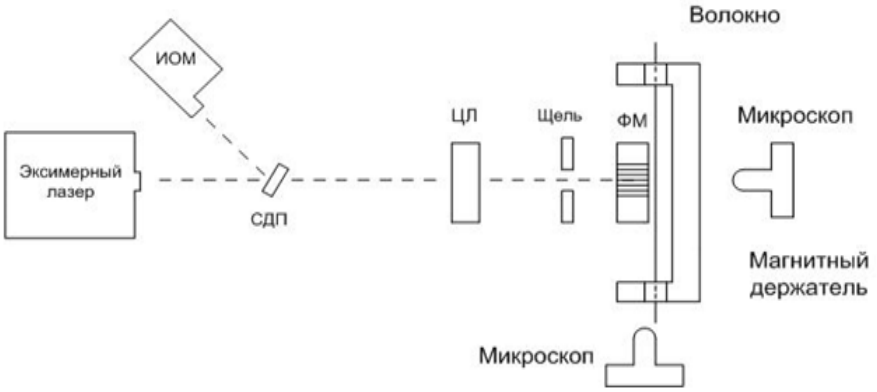


Рис. 1. Схема лабораторного стенда по записи ВРБ методом ФМ

Принципиальная схема записи ВБР методом ФМ была дополнена светоделительной пластиной, которая отражает 10% лазерного излучения на измеритель оптической мощности. Это позволяет измерять мощность импульса в реальном времени. Также были добавлены в стенд два микроскопа для более точного позиционирования волокна относительно ФМ и оси выходящего из лазера пучка.

Для записи ВБР в настоящей работе применялось двулучепреломляющее ОВ с эллиптической напрягающей оболочкой, изготовленное по технологии [1, 2].

В созданном и оптимизированном лабораторном стенде, описанным выше, были индуцированы в двулучепреломляющее ОВ с эллиптической напрягающей оболочкой ВБР типа II с коэффициентами отражения от 1% до 99%. На рис. 2 представлен спектр ВБР с коэффициентом отражения около 80%.

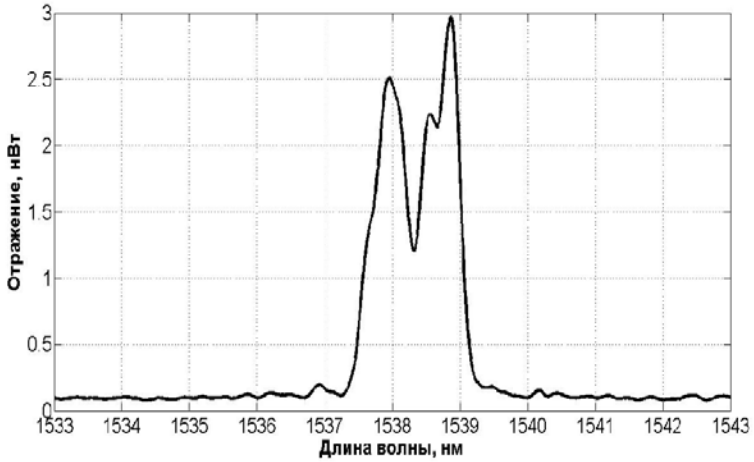


Рис. 2. Спектр отражения ВБР

Далее были проведены исследования по визуализации записанных ВБР. В ходе данного исследования была определена локализация решеток Брэгга вблизи границ раздела двух сред с разными показателями преломления.

В связи с нестабильностью записи ВБР с требуемыми спектральными характеристиками был создан стенд по отжигу решеток Брэгга CO_2-лазером. В ходе работы, было выяснено, что при воздействии на ВБР CO_2-лазером, изменялся коэффициент отражения решетки, происходило уширение спектра отражения и сдвиг

длины волны брэгговского резонанса в большую сторону длин волн. С помощью воздействия излучения CO_2-лазера на ВБР в работе показана возможность управления спектральными характеристиками решетки.

Обобщая результаты работы, отметим следующее.

Создан и оптимизирован лабораторный стенд по записи ВБР одиночным импульсом ArF эксимерным лазером методом ФМ. Впервые были записаны решетки Брэгга типа II одиночным импульсом ArF эксимерного лазера в двулучепреломляющее оптическое волокно с эллиптической напрягающей оболочкой, легированное 12 и 18 мол.% GeO_2, с эффективностью до 100% и шириной спектра отражения на полувысоте более 1 нм. Также получены фотографические изображения решеток Брэгга, записанные одноимпульсной экспозицией в ОВ, пространственный период которых равен периоду ФМ, оптимизированной под +1/–1 порядок дифракции. Определена локализация ВБР типа II в двулучепреломляющем оптическом волокне с напрягающей эллиптической оболочкой. Создан стенд по отжигу волоконных решеток Брэгга CO_2-лазером и показана возможность управления спектральными характеристиками ВБР излучением CO_2-лазера.

Литература

1. Ероньян М.А., Комаров А.В., Кондратьев Ю.Н., Ромашова Е.И., Серков М.М., Хохлов А.В. Тонкие анизотропные одномодовые волоконные световоды с эллиптической напрягающей оболочкой // Оптический журнал. – 2000. – Т. 67. – № 10. – С. 104–105.
2. Буреев С.В., Дукельский К.В., Ероньян М.А., Злобин П.А., Комаров А.В., Левит Л.Г., Страхов В.И., Хохлов А.В. Технология крупногабаритных заготовок анизотропных одномодовых световодов с эллиптической оболочкой // Оптический журнал. – 2007. – Т. 74. – № 4. – С. 85–87.

Громов Владислав Сергеевич
Год рождения: 1990
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра систем управления и информатики, группа № 6146
Направление подготовки: 221000 – Мехатроника и робототехника
e-mail: object253@yandex.ru

УДК 681.5.015

ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОЙ КОМПЕНСАЦИИ ВОЗМУЩАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В.С. Громов
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Пыркин

Цель работы заключалась в разработке системы управления робототехнической системой на примере модели роботизированного судна для удержания желаемых координат в условиях наличия внешних гармонических возмущающих воздействий, при наличии нелинейности и запаздывания в канале управления.

Надводное судно является наглядным примером сложной технической системы, функционирующей в условиях нестационарной внешней среды. Возмущения

различной природы и происхождения воздействуют на судно, находящееся в открытом море. Выделяют три типа возмущений, которые существенно влияют на качество управления: течения, волновые воздействия и ветровые воздействия. Система автоматического управления движением судна должна решать различные задачи: динамическое позиционирование в точке, стабилизация продольной и поперечной скоростей, стабилизация курса, движение вдоль заданной траектории.

В данной работе ставится задача обзора имеющихся работ по компенсации внешних возмущающих воздействий, выбор наиболее подходящего и его доработка для применения в робототехнической системе. Такой системой в данной работе является комплекс, включающий в себя модель надводного судна, которая может двигаться согласно указанному закону управления, а также бассейн. Данный комплекс предназначен для апробации систем управления перед их установкой на реальные полноразмерные надводные судна с целью их последующего движения в полностью автоматическом режиме. Робототехнические системы подобного рода, как правило, подвержены внешним возмущающим воздействиям, которые необходимо устранять в активном режиме, так как пассивные средства (например, установка киля или подводных крыльев) не позволяют добиться желаемого эффекта в полной мере. Использование модели надводного судна в составе комплекса позволяет сэкономить средства на этапе отладки закона управления, а также не подвергает риску жизни людей и дорогостоящее оборудование.

Ставится задача разработки закона управления с учетом возможных возмущающих воздействий, действующих на корабль. Модель объекта управления следует выбирать с учетом наличия нежелательных воздействий, действующих на систему, а именно:

$$y(t) = \bar{u}(t) + \bar{f}(t) + \sum_{i=1}^{k} \bar{\delta}_i(t) + \varepsilon(t), \quad (1)$$

где $\bar{u}(t) = \frac{b(p)}{a(p)} u(t-h)$ – результат действия сигнала управления на объект управления, $u(t)$ – сигнал управления, h – известное запаздывание; $\bar{f}(t) = \frac{g(p)}{a(p)} f(y(t))$ – результат действия нелинейной составляющей на объект управления, $y(t)$ – выход системы; $\bar{\delta}_i(t) = \frac{e(p)}{a(p)} \sigma_i \sin(\omega_i t + \phi_i)$ – результат действия на объект управления i-го гармонического возмущения с неизвестной амплитудой σ, частотой ω и фазовым сдвигом ϕ; $\varepsilon(t)$ – экспоненциальная затухающая составляющая, обусловленная ненулевыми начальными значениями.

Задача заключается в построении такого алгоритма $u(t)$, который обеспечивает управление по выходу:

$$\lim_{t\to\infty} y(t) = 0. \quad (2)$$

Для достижения цели необходимо в первую очередь решить задачу идентификации параметров гармоник возмущений. Для этого рассмотрим два метода оценки параметров. Первый метод – градиентный алгоритм идентификации возмущений, основан на введении вспомогательного линейного фильтра и составления регрессора, на принципах, представленных в работе [2]. Он имеет следующий вид:

$$\hat{\omega}_i(t) = \sqrt{\left|\hat{\theta}_i\right|}; \xi(s) = \frac{\lambda^{2k}}{(s+\lambda)^{2k}} y(s); \quad (3)$$

$$\dot{\hat{\Theta}}(t) = K\Omega(t)\left(\xi^{(2k)} - \Omega^T(t)\hat{\Theta}(t)\right), \quad (4)$$

где $K = diag\{\kappa_i > 0, i = 1, 2, \dots, k\}$; $\xi(s)$ – вспомогательный линейный фильтр; λ – коэффициент настройки, $\hat{\Theta}^T = \left[\hat{\theta}_1 \dots \hat{\theta}_{k-1}\, \hat{\theta}_k\right]$ – вектор оценок, $\Omega^T(t) = \left[\xi^{(2k-1)}(t) \dots \xi^{(3)}(t)\, \xi^{(1)}(t)\right]$ – регрессор. Алгоритм такого вида обеспечивает цель:

$$\lim_{t\to\infty} |\omega_i - \hat{\omega}_i(t)| = 0. \quad (5)$$

Вторым способом оценки параметров гармонических возмущающих воздействий является метод каскадной редукции. Для частного случая с двумя гармониками он будет иметь вид:

$$\dot{\hat{\theta}}_2 = -\gamma_2 \bar{\varsigma}_2^2 \hat{\theta}_2 + \gamma_2 \bar{\varsigma}_2 \bar{z}, \quad (6)$$

$$\dot{\hat{\theta}}_1 = -\gamma_1 \varsigma_1^2 \hat{\theta}_1 + \gamma_1 \varsigma_1 z', \quad (7)$$

где $z' - z\hat{\theta}_2\varsigma_2$; $\gamma_1 > 0, \gamma_2 > 0$ – параметры, отвечающие за скорость сходимости. Для метода каскадной редукции оценка $\xi_i(t)$ вычисляется следующим образом:

$$\begin{bmatrix} \hat{\xi}_1(t) \\ \hat{\xi}_2(t) \\ \vdots \\ \hat{\xi}_k(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \cdots & 1 \\ \hat{\theta}_1 & \hat{\theta}_2 & \cdots & \hat{\theta}_k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{\theta}_1^{k-1} & \hat{\theta}_2^{k-1} & \cdots & \hat{\theta}_k^{k-1} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \xi(t) \\ \xi^{(2)}(t) \\ \vdots \\ \xi^{(2k-2)}(t) \end{bmatrix}, \quad (8)$$

где $\hat{\xi}_i$ – оценка i-ой гармоники $\xi_i, i = 1, \ldots, k$.

Из (6) и (7) видно, что в методе каскадной редукции параметр следующей гармоники вычисляется из значения параметра предыдущей, что должно положительно сказаться на скорости сходимости оценок. Необходимо провести исследовательские испытания для определения метода с меньшим значением времени переходного процесса.

Для компенсации возмущающих воздействий будем подавать управление в противофазе с действующим возмущением на основании оценок, полученных одним из двух методов (3)–(4) и (6)–(8). Учитывая наличие запаздывания, используется схема предиктора. Сформированный закон управления имеет вид:

$$u(t) = -\sum_{i=1}^{k} \hat{k}_{pi} \hat{\xi}_i(t) + \hat{k}_{di} \dot{\hat{\xi}}(t). \quad (9)$$

Модель оценки сигнала $\dot{\hat{\xi}}_i(t)$ имеет следующий вид:

$$\begin{bmatrix} \dot{\hat{\xi}}_1(t) \\ \dot{\hat{\xi}}_2(t) \\ \vdots \\ \dot{\hat{\xi}}_k(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \cdots & 1 \\ \hat{\theta}_1 & \hat{\theta}_2 & \cdots & \hat{\theta}_k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{\theta}_1^{k-1} & \hat{\theta}_2^{k-1} & \cdots & \hat{\theta}_k^{k-1} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \xi^{(1)}(t) \\ \xi^{(3)}(t) \\ \vdots \\ \xi^{(2k-1)}(t) \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Проверка систем автоматического управления надводными судами на реальных объектах зачастую затруднена: это занимает значительное количество времени, подвергается риску дорогостоящее оборудование и жизни людей. Исходя из этого, первичную проверку разработок удобно выполнять на специализированных обучающих комплексах. Робототехническая установка, на которой производилась апробация методов, описанных в данной работе, включает в себя бассейн с водой, модель надводного судна, персональный компьютер с подключенной видеокамерой.

За основу для модели корабля было выбрано российское рыболовецкое судно «Траулер Россвик». Руление судном производится двумя подруливающими устройствами и рулевым соплом, вместо простого руля. Модель выполнена в масштабе 1:32. Размеры позволяют разместить в корпусе один главный двигатель, два подруливающих устройства, сервопривод для управления рулевым соплом, батарейный блок, все необходимые электронные платы (рисунок).

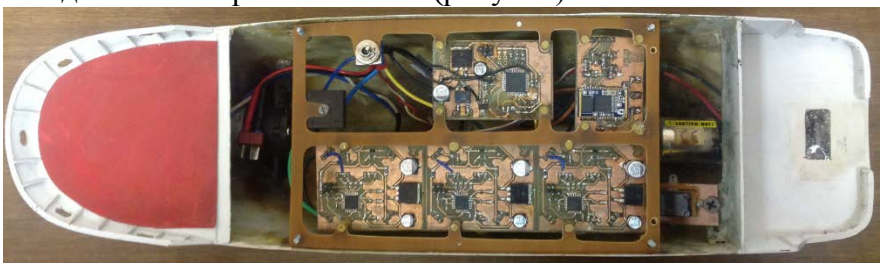


Рисунок. Электронные компоненты модели судна

Как правило, координаты реального надводного судна в открытом водном пространстве определяются с помощью GPS. Но использование данной системы в составе робототехнического комплекса невозможно, так как погрешность определения координат больше, чем размеры модели корабля. В силу данных ограничений было решено, для определения координат корабля в границах бассейна, использовать видеокамеру с системой технического зрения. Видеосигнал передается в персональный компьютер, где происходит его обработка, отрабатывается система управления, затем задания на двигатели передаются на модель надводного судна посредством Bluetooth.

В ходе выполнения работы были выполнены следующие этапы:

- выбрана и обоснована математическая модель объекта управления;
- разработана система управления кораблем, включающая в себя алгоритм идентификации параметров корабля. Предложены два метода идентификации возмущений: градиентный алгоритм и алгоритм методом каскадной редукции;
- проведены исследовательские испытания, в ходе которых был собран робототехнический комплекс для апробации алгоритмов управления кораблями, подготовлено необходимое программное обеспечение, разработано устройство определения локальных координат модели корабля. Итогом проведения исследовательских испытаний является подтверждение работоспособности разработанного алгоритма управления на модели корабля.

Литература

1. Бобцов А.А. Адаптивное и робастное управление неопределенными системами по выходу. – СПб: Наука, 2011. – 174 с.
2. Fradkov A.L., Miroshnik I.V., Nikiforov V.O. Nonlinear and Adaptive Control of Complex Systems. – Kluwer Academic publishers: Dodrecht, 1999. – XVIII. – 510 p.

Дранник Анастасия Леонидовна
Год рождения: 1981
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра безопасные информационные технологии,
группа № 6132
Направление подготовки: 090900 – Информационная безопасность
e-mail: yazshhh@yandex.ru

УДК 004.056

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОБЛЕМ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОЕВЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.Л. Дранник
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент И.И. Комаров

Работа выполнена в рамках НИР Университета ИТМО № 610454/4111 «Разработка интеллектуальных технологий управления, навигации и обработки информации с применением к мобильным робототехническим системам и комплексам».

Объект исследования: обеспечение информационной безопасности (ИБ) роевых робототехнических систем (РРТС).

Предмет исследования: моделирование проблем ИБ РРТС.

Ставились следующие задачи:

- проанализировать технологические аспекты роевых систем, изучить основные алгоритмы их функционирования;
- рассмотреть целесообразность использования методов имитационного моделирования (ИМ) для изучения проблем ИБ РРТС;
- провести сравнительный анализ существующих систем ИМ с точки зрения их применимости для решения задач ИБ РРТС;
- сформировать требуемую технико-методическую базу проведения экспериментальных исследований;
- определить требования к экспериментальному полигону;
- подобрать необходимый состав технических средств из доступных;
- адаптировать средства ИМ для исследовательских задач;
- выполнить практическую проверку возможности использования созданного полигона для решения задач ИБ РРТС.

Под технологией понималась совокупность следующих взаимосвязанных этапов исследования:

- анализ специфики объекта исследования;
- определение перечня доступных исследователю ресурсов;
- определение задач моделирования;
- определение требований к экспериментальному полигону;
- выбор инструментальных средств (ИС) ИМ;
- выбор репрезентативных алгоритмов для исследования и проверки системы;
- адаптация ИС ИМ к задачам исследования;
- проверка системы (апробация).

В ходе рассмотрения специфики роевых робототехнических систем сформулирована задача поиска естественных для технологии механизмов безопасности и обоснована необходимость применения ИМ. Обоснование приведено на рис. 1. На схеме изображены соответствующие связи: ряд специфических черт технологии, с одной стороны – обуславливают ее конкурентное преимущество, с другой – осложняют, создают специфику применения традиционных механизмов безопасности.

Рис. 1. Обоснование задачи поиска естественных для технологии механизмов обеспечения безопасности

Под естественными алгоритмами безопасности РРТС подразумеваются такие алгоритмы функционирования, которые обеспечивают безопасность за счет использования собственных принципов организации роевых систем.

Для решения поставленной задачи оправданным является применение методов ИМ. ИМ в качестве методической основы исследования дает преимущество не только по причине новизны технологии, но также и в силу ряда ее специфических свойств, включая синергетический характер роевого интеллекта и общей сложности учета всех разнородных и многовариантных параметров, характеризующих роевую робототехнику на системном уровне.

Для создания технического полигона средств ИМ были сформулированы требования, исходящие из непосредственных задач моделирования. Соответствующая схема приведена на рис. 2. В работе был проведен анализ доступных средств инструментального моделирования, предлагаемых ведущими мировыми научными школами и исследовательскими командами [1, 3, 6] и др. Данные средства разделяются на два типа: лабораторные устройства с упрощенным функционалом, воспроизводящие базовые функции проектируемых роевых устройств и программные средства-симуляторы, воспроизводящие в программной среде поведение лабораторных устройств.

В качестве первоначальной задачи для тестирования созданного полигона ИМ было определено воспроизведение наиболее типовых, репрезентативных алгоритмов организации роевых робототехнических систем на основе мирового исследовательского опыта ([1, 2, 5] и др.).

Рис. 2. Требования к полигону средств имитационного моделирования

В работе выделены следующие типы алгоритмов, исходя из их функционального назначения:

- алгоритмы скоординированного движения и навигации (модель стайного движения «Boids» К. Рейнолдса, алгоритм роя частиц (метод PSO) и др.);
- алгоритмы принятия решений и распределения задач (в том числе муравьиный алгоритм, пчелиный алгоритм, метод аукционов, алгоритм PSO);

– алгоритмы пространственной организации роботов (случайное распределение (стохастический подход), метод потенциалов и др.).

Целью адаптации созданной технической базы средств моделирования на следующем этапе работы ставилось устранение/минимизация ограничений при реализации репрезентативных алгоритмов, расширение возможности управления экспериментами и протоколирования данных. На кафедре БИТ Университета ИТМО была создана команда студентов и преподавателей для решения данных задач в рамках регулярного научно-исследовательского семинара. Адаптировалась открытая среда моделирования V-REP, осуществлялась симуляция поведения роботов платформы Kilobot корпорации K-team (Швейцария). Достигнутые результаты:

– реализована программными средствами возможность ориентации роботов в пространстве;
– изучены возможности нивелирования особенностей движения роботов Kilobot по сравнению с типовыми роевыми системами;
– произведено моделирование ряда типовых форм движения (распределение по поверхности, группирование, «опознавание» и обход препятствий);
– преодолены ограничения информационного обмена между имитируемыми роботами платформы Kilobot:
– модифицирован протокол передачи обмена информацией между агентами;
– достигнута нейтрализация значения специфически малого расстояния коммуникации роботов Kilobot для общих экспериментальных выводов;
– найдены эффективные механизмы сбора статистического материала.

Личный вклад автора работы выразился в общем теоретическом обосновании исследовательских подходов, выборе направления исследований, постановке исследовательских задач, обосновании выбора среды исполнения и языка разработки программ, а также организаторской работе в рамках научного семинара.

На базе подготовленного полигона начаты исследования вопросов безопасности роевых систем, поставлен ряд экспериментов с моделированием деструктивных воздействий. В качестве примера того, как работает данная технология, может быть приведена проверка одной из гипотез, выдвинутых исследовательским коллективом. С помощью представленной технологии моделирования найдена закономерность между значением суммы модулей ускорения и типом поведения системы (нормальное состояние и атака). Результаты исследований опубликованы в журнале из списка рецензируемых ВАК [4].

Принципиальная новизна работы обусловлена проблематикой исследования: вопросами ИБ роевых робототехнических систем. Новизна подходов: учет специфических факторов роевых систем; проведение анализа ИБ роевых робототехнических систем в процессе развития самого объекта исследования (системный подход, учитывающий самоорганизующийся характер роевого интеллекта).

В ходе апробации исследовательского полигона на основе предложенных подходов созданы новые программные средства, на которые были получены два свидетельства о государственной регистрации программ ЭВМ. По итогам исследования сформирован технико-методический полигон для проведения ИМ проблем ИБ роевых робототехнических систем, доступные средства моделирования адаптированы под задачи исследования. Проведена успешная апробация исследовательского полигона для проверки гипотез исследовательской группы с участием автора работы. Выработана определенная исследовательская технология, которой планируется следовать при дальнейшем изучении темы.

Литература

1. Brambilla M., Ferrante E., Birattari M., Dorigo M. Swarm robotics: A review from the swarm engineering perspective // Swarm Intelligence. – 2013. – V. 7. – № 1. – P. 1–41.
2. Dorigo M., Birattari M., Stützle T. Ant colony optimization: Artificial ants as a computational intelligence technique // IEEE Computational Intelligence Magazine. – 2006. – V. 1. – № 4. – P. 28–39.
3. Navarro I., Matía F. An Introduction to Swarm Robotics. – ISRN Robotics, 2013. – 10 p.
4. Дранник А.Л., Комаров И.И., Юрьева Р.А. Моделирование проблем информационной безопасности мультиагентных систем // В мире научных открытий. – 2014. – № 4(52). – С. 61–70.
5. Каляев И.А., Гайдук А.Р., Капустян С.Г. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 280 с.
6. Карпов В.Э. Коллективное поведение роботов. Желаемое и действительное // Современная мехатроника. Сб. научн. трудов Всероссийской научной школы. – 2011. – С. 35–51.

Елисеев Евгений Александрович
Год рождения: 1991
Гуманитарный факультет, кафедра прикладной экономики и маркетинга, группа № 6072
Направление подготовки: 080100– Экономика предпринимательской деятельности
e-mail: eliseev1991@gmail.com

УДК 330.322.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ СПЕКТРАЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ МИКРОСКОПИИ

Е.А. Елисеев
Научный руководитель – к.э.н., профессор Е.А. Павлова

В работе было проведено изучение и анализ инвестиционных возможностей создания систем спектральной оптической когерентной микроскопии, применяемых для исследования материалов и тканей.

На первом этапе исследования автором был проведен анализ существующих методик оценки инвестиционных возможностей и были выявлены их достоинства и недостатки.

Проведенный анализ показал, что далеко не все существующие методики учитывают специфику научно-технических проектов (НТП). В связи с этим при исследовании инвестиционных возможностей проектов, которые имеют высокую степень риска и наукоемкость, необходимо использовать специализированные методики, которые в полной мере отражают особенности научно-технической продукции. Одной из таких методик является методика, разработанная Д.Ю. Мироновой и применяемая на сегодняшний день отделом маркетинга Университета ИТМО [11].

При исследовании инвестиционных возможностей социально-значимых проектов и проектов, которые оказывают существенное влияние на денежные потоки государственного бюджета, важным является оценка социальной и бюджетной эффективности. При оценке экономической эффективности НТП является целесообразным использовать методы дисконтированной оценки. Так как данные методы в полной мере позволяют учитывать специфику НТП, которая заключается в высокой неопределенности и, как правило, в продолжительном сроке реализации [1].

Автором был проведен анализ внешней среды проекта и были выявлены возможные сферы применения систем оптической когерентной микроскопии (ОКМ), представленные в табл. 1.

На основе проведенного анализа выявлено, что на ранней стадии реализации проекта является возможным создание системы ОКМ для исследования материалов, а после получения необходимого опыта возможно создание системы ОКМ для ветеринарных и медицинских исследований.

На следующем этапе исследования был проведен анализ возможных вариантов реализации проекта и были выявлены их достоинства и недостатки, представленные в табл. 2.

Проведенный анализ показал, что наиболее привлекательным вариантом реализации является создание производства приборов с ОКМ, который может сочетать в себе функции предприятия по созданию программного обеспечения (ПО), отдельных узлов и предприятия по техническому обслуживанию систем ОКМ.

Таблица 1. Анализ сфер применения систем спектральной ОКМ

Сфера применения	Достоинства	Недостатки
системы ОКМ для применения в медицинских исследованиях	широкий круг пользователей	высокий уровень монополизации рынка; необходимость прохождения обязательного лицензирования и сертификации деятельности
системы ОКМ для исследований в государственных медицинских учреждениях	наличие большой базы используемых ОКМ систем	необходимость участия в системе государственных закупок; высокий уровень коррупции в сфере государственных закупок; зависимость от выделяемых государством средств на закупку медицинского оборудования
системы ОКМ для исследований в частных медицинских учреждениях	– отсутствие необходимости участия в системе государственных закупок; – потенциал развития частной медицины; – высокая платежеспособность потребителей частных медицинских услуг	низкий уровень развития частной медицины в России по сравнению с сектором государственных медицинских учреждений

Сфера применения	Достоинства	Недостатки
системы ОКМ для ветеринарных исследований	отсутствие необходимости прохождения обязательного лицензирования и сертификации деятельности по производству приборов для ветеринарных исследований	на данный момент не созданная потребность в применении ОКМ для ветеринарных исследований
системы ОКМ для применения исследований материалов	–	–
системы ОКМ для исследований произведений искусства	наличие партнерских отношений между Университетом ИТМО и учреждениями искусства (Александринский театр, Русский музей); наличие развитой сети учреждений культуры в России	необходимость участия в системе государственных закупок; зависимость от выделяемых государством средств на закупку оборудования; высокий уровень коррупции в сфере государственных закупок
системы ОКМ для применения в материаловедении	возможность применения разработанного прибора в рамках исследований, проводимых в Университете	необходимость участия в системе государственных закупок

Автор провел анализ возможных способов реализации проекта и выявил их достоинства и недостатки. Результат проведенного анализа представлен в табл. 3.

В результате проведенного анализа автором сделан вывод о том, что в случае создания производства приборов с ОКМ наиболее привлекательным способом является организация малого инновационного предприятия (МИП), основанного на принципе партнерства между Университетом и частным инвестором. Так как реализация проекта в форме МИП позволяет снизить издержки за счет применения в производственном процессе научно-технической базы Университета, а также позволяет воспользоваться налоговыми льготами [12].

Таблица 2. Варианты реализации проекта по созданию систем спектральной ОКМ

Вариант реализации	Достоинства	Недостатки
организация предприятия по техническому обслуживанию систем ОКМ	наличие широкой базы ОКМ приборов в России и в Санкт-Петербурге, которые требуют технического обслуживания	необходимость лицензирования; необходимость получения соответствующего опыта
организация производства отдельных узлов	более низкие инвестиционные затраты чем при производстве приборов ОКМ; наличие на данный момент разработок, которые не имеют аналогов на рынке	необходимость налаживания долгосрочных деловых отношений с производителями ОКМ систем, наличие высоких барьеров, необходимость наличия конкурентных преимуществ у продукции

Вариант реализации	Достоинства	Недостатки
организация производства необходимого ПО для систем ОКМ	относительно низкий объем инвестиционных затрат	необходимость налаживания долгосрочных деловых отношений с производителями ОКМ систем
организация производства приборов	возможность воплощения всех представленных вариантов реализации проекта	относительно высокий объем необходимых затрат, наличие рисков непринятия продукции рынком

Таблица 3. Способы реализации проекта по созданию систем ОКМ

Способ реализации	Достоинства	Недостатки
МИП	налоговая оптимизация; быстрая адаптация к изменениям внешней среды; минимизация накладных расходов; разделение рисков между несколькими инвесторами	отсутствие диверсификации деятельности; сложности при привлечении необходимого финансирования; разделение доходов между несколькими инвесторами
Специализированная структура Университета – лаборатория	сохранение авторских прав на разработку за Университетом и сотрудниками; снижение рисков за счет отказа от привлечения сторонних организаций при реализации проекта; возможность снижения затрат проекта за счет использования материально-технической базы Университета	отсутствие возможности привлечь сторонних инвесторов и соответственно возможная нехватка финансирования; наличие трудностей при коммерциализации результатов проекта
Отдельное предприятие	возможность привлечения сторонних инвесторов; разделение рисков между несколькими инвесторами; возможность диверсификации деятельности	невозможность использования научно-технической базы Университета и наработок; необходимость формирования команды проекта

В связи с тем, что основным барьером реализации многих НТП является отсутствие необходимого финансирования, был проведен сравнительный анализ возможных механизмов финансирования проекта, по ряду параметров. Результат сравнительного анализа представлен в табл. 4. В таблице зеленым цветом отмечены достоинства, а красным – недостатки механизмов финансирования научно-технических проектов.

Таблица 4. Сравнительная характеристика механизмов финансирования научно-технических проектов

	Параметры источников финансирования					
Механизм/ источник	Особенности налогового законодательства	Необходимость залога (обеспечения)	Снижение финансовой устойчивости	Оперативность использования	Универсальность использования	Возможный объем привлекаемых средств
I Самофинансирование						
Нераспределенная прибыль	в РФ существует налог на прибыль в размере 20%	отсутствует	отсутствует	высокая	высокая	ограничен
Амортизационные отчисления	возможность использования ускоренной амортизации	отсутствует	отсутствует	высокая	только для замены основных производственных фондов	ограничен
Эмиссия акций	выплата дивидендов из чистой прибыли	отсутствует	отсутствует	требуется продолжительный период времени для проведения эмиссии	используется только для акционерных обществ	только относительно крупные объемы средств
II Финансирование с помощью заемных средств						
Кредиты	погашение из чистой прибыли	требуется	существует	требуется *t* на подготовку кредитной заявки	высокая	не ограничен
Лизинг	расходы включаются в себестоимость, ускоренная амортизация	залог – объект лизинга	низкая	требуется *t* на подготовку заявки	только для приобретения ОПФ	ограничен
Эмиссия облигаций	выплачиваемые проценты включаются в	требуется	существует	требуется *t* на проведение эмиссии	высокая	относительно крупные объемы средств

	Параметры источников финансирования					
Механизм/ источник	Особенности налогового законодательства	Необходимость залога (обеспечения)	Снижение финансовой устойчивости	Оперативность использования	Универсальность использования	Возможный объем привлекаемых средств
	себестоимость					
III Специальные формы						
Венчурное финансирование		отсутствует	отсутствует	требуется *t* на поиск инвестора	высокая	зависит от инвестора и особенностей проекта
IV Безвозвратное финансирование						
Грантовое частное финансирование		отсутствует	отсутствует	низкая	зависит от условий получения гранта	ограничен
Государственное финансирование		отсутствует	отсутствует	низкая	зависит от условий предоставления финансирования	ограничен

На основе проведенного анализа автором сделан вывод о том, что использование ряда механизмов финансирования возможно только на определенных стадиях реализации проекта. Предлагаемые механизмы финансирования научно-технических проектов, соответствующие различным этапам жизненного цикла проекта, представлены на рис. 1.

Проведенный анализ показал, что наиболее привлекательными механизмами финансирования для запуска реализации проекта является безвозвратное, венчурное и бизнес-ангельское финансирование [7]. Затем, после того как проект докажет коммерческую привлекательность, возможно финансирование с помощью заемных средств и чистой прибыли [7].

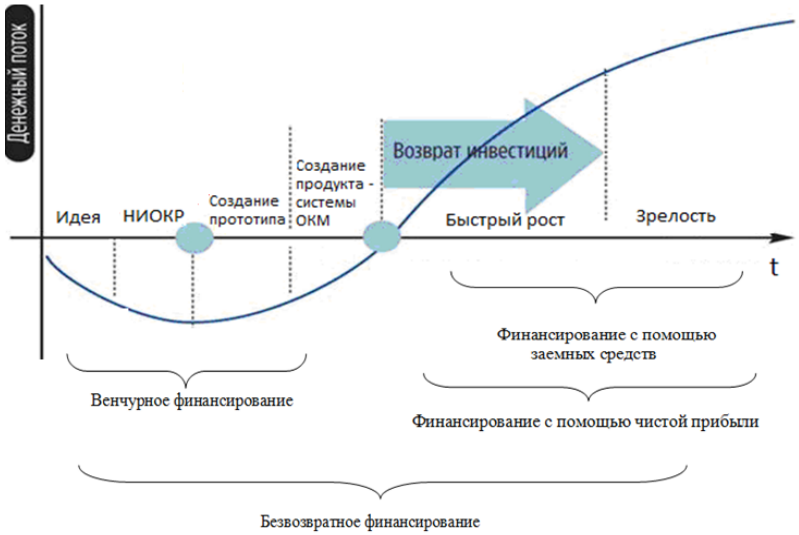


Рис. 1. Финансирование этапов проекта по созданию систем спектральной ОКМ

В работе автором были рассмотрены различные сценарии реализации проекта. Первый сценарий реализации проекта предполагает использование видеокамеры и объектива, не имеющего аналогов и позволяющего фокусировать длину волны на свою глубину, второй сценарий предполагает использование видеокамеры и обычного объектива, но более дорогого лазера, а третий сценарий предполагает использование фотодиода вместо видеокамеры.

Соответственно для каждого сценария автором была рассчитана возможная цена, и на основе метода аналогий автором было сделано предположение о возможном объеме выпуска продукции, и для каждого сценария был подготовлен прогноз движения денежных средств, рассчитаны и проанализированы производственные и инвестиционные затраты. Характеристика сценариев реализации проекта представлена на рис. 2.

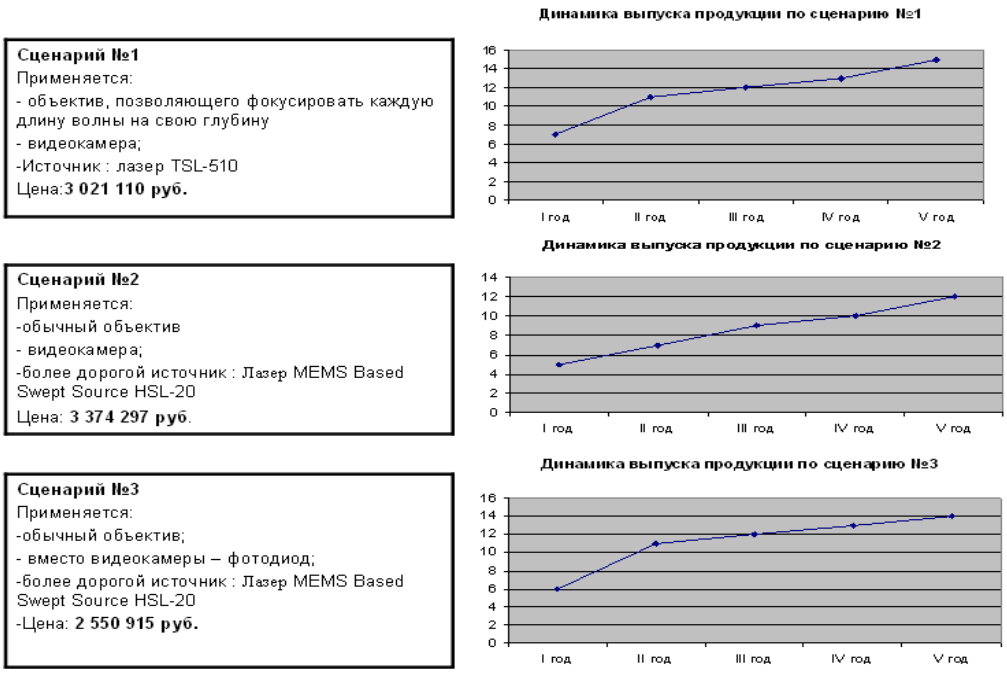


Рис. 2. Сценарии реализации проекта по созданию систем ОКМ

Автором был проведен расчет показателей эффективности для каждого сценария реализации проекта. Значения показателей эффективности различных сценариев реализации проекта представлены в табл. 5.

Таблица 5. Показатели эффективности сценариев реализации проекта

Наименование показателя	Сценарий №1	Сценарий №2	Сценарий №3
	С использованием объектива, который фокусирует каждую длину волны на свою глубину	Без использования объектива, который фокусирует каждую длину волны на свою глубину	Без использования объектива, который фокусирует каждую длину волны на свою глубину, но с использованием фотодиода
Простой срок окупаемости, лет	2,13	2,64	2,62
Рентабельность инвестиций RI, %	58,73	37,77	38,13
NPV, тыс. руб.	943,759	401,217	448,977
Индекс доходности, PI	1,44	1,16	1,19
Дисконтированный срок окупаемости, лет	3,46	4,28	4,2
Внутренняя норма рентабельности IRR, %	32%	22%	23%

Наибольшую эффективность и устойчивость показал сценарий реализации проекта с объективом, фокусирующим длину волны на свою глубину.

На основе изложенного можно сделать вывод о том, что инвестиционный замысел по созданию систем ОКМ продемонстрировал инвестиционную привлекательность, а данный проект целесообразно реализовывать через создание производства приборов с ОКМ на базе МИП, а наиболее целесообразными механизмами финансирования являются безвозвратное, венчурное и бизнес-ангельское финансирование.

Литература

1. Экономическая оценка инвестиций / Под ред. М. Римера. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб: Питер, 2009. – 416 с.
2. Валинурова Л.С. Инвестирование. Учебник для вузов. – М.: Волтерс Клувер, 2010. – 448 с.
3. Бланк И.А. Управление инвестициями предприятия. – Киев: Ника-Центр, Эльга, 2003. – 408 с.
4. Бочаров В.В. Инвестиции. Учебник для вузов. – 2-е изд. – СПб: Питер, 2009. – 384 с.
5. Бочаров В.В. Инвестиционный менеджмент – СПб: Питер, 2000. – 160 с.
6. Давиденко Л.П. Корпоративные ценные бумаги: акции, облигации, векселя: Учебное пособие. – Изд-во СПбГУЭФ, 2004. – 84 с.
7. Елисеев Е.А., Павлова Е.А. Проблемы финансирования научно-технических проектов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.science-education.ru/117-13328, своб.

8. Елисеев Е.А., Павлова Е.А. Анализ методических подходов к оценке инвестиционных научно-технических проектов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.science-education.ru/108-9080, своб.
9. Кириченко Т.В. Финансирование в риск-ориентированном финансовом менеджменте. – М.: Информационно-внедренческий центр «Маркетинг», 2008. – 4,5 п.л.
10. Кравченко Н.А. Инвестиционный анализ. – М.: Дело, 2007. – 264 с.
11. Кузнецов М.Н. Управление инвестициями. – М: Благовест, 2004. – 200 с.
12. Лукасевич И.Я. Инвестиции: Учебник. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2011. – 413 с.
13. Миронова Д.Ю. Разработка нового маркетингового инструмента для продвижения на рынок конкурентоспособных вузовских инновационных разработок // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – № 4 (80). – С. 137–141.
14. Федеральный закон от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике».

Жук Денис Владимирович
Год рождения: 1990
Магистерский корпоративный факультет, кафедра управления государственными информационными системами,
группа № 6901
Направление подготовки: 220100 – Системный анализ и управление
e-mail: jukdenis@gmail.com

УДК 535.31+53.072+62.51

АНАЛИЗ РЕАКЦИИ ГРАЖДАН НА ИЗМЕНЕНИЯ В ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СЕРВИСОВ МОНИТОРИНГА СОЦИАЛЬНЫХ МЕДИА

Д.В. Жук
Научный руководитель – к.полит.н. А.В. Чугунов

В работе рассмотрена возможность применения для изучения общественного мнения по поводу изменений в законодательстве страны автоматизированными программными средствами, включающими средства мониторинга социальных медиа, анализ частотности поисковых запросов, визуализации каналов распространения информации по определенным темам, визуализации виртуальных групп в социальных сетях. Эти автоматизированные средства являются достаточно развитыми, но используются на сегодняшний день в основном только для решения узких задач отслеживания имиджа компаний и подбора ключевых слов для рекламы. Полученные данные будут сравниваться с данными контент-анализа средств массовой информации (СМИ) и результатами социологических опросов населения.

В настоящее время в научной литературе и на конференциях активно обсуждается факт большого влияния социальных сетей на распространение информации, в том числе – законов и законодательных инициатив. В то же время не вполне понятен масштаб проблемы (оценочная численность вовлеченных в распространение такого рода информации) и уровень взаимосвязанности (либо разрозненности) пользователей

социальных сетей, участвующих в такого рода взаимодействиях. В рамках исследования будет проверена гипотеза о возможности численной оценки вовлеченных в распространение такого рода информации, а также гипотеза наличия множества взаимосвязанных относительно постоянных структур в виде сетей распространения информации.

Целью работы являлось выявление и определение специфики распространения социально-значимой информации в условиях массового использования социальных сетей путем получения с помощью автоматизированных программных средств данных о динамике мнений интернет-пользователей относительно изменений в законодательстве России.

В исследовании были решены следующие научные задачи:

- анализ скорости и динамики распространения информации в социальных сетях;
- выявление с помощью автоматизированных программных средств и визуализация графов социограмм виртуальных каналов социально-значимой информации;
- выявление наиболее частых источников подобной социально-значимой информации, составление списка таких источников по каждой из тем;
- выявление динамики индексов актуализированности в общественном сознании социальных проблем как на примере частоты упоминания соответствующих ключевых слов, так и сравнение этих индексов с динамикой частоты запросов тех же ключевых слов в поисковых системах (на примере статистики ключевых слов Яндекс);
- проверка гипотезы о корреляции данных динамики статистики соответствующих ключевых слов в поисковых запросах Яндекса и динамики статистики ключевых слов записей социальных сетей, а также их сопоставление с публикациями в СМИ и данными социологических опросов населения.

В качестве предмета исследований взяты отдельные актуальные социально-значимые и резонансные законы и законодательные инициативы. Предварительная проработка показала, что такими темами стоит взять «Антипиратский закон», «Закон о защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью», «Закон о защите чувств верующих», «антитабачный закон», которые получили общественный резонанс в период проведения исследований.

С точки зрения специфики распространения информации рассмотрены четко очерченные новостные сообщения и их распространение, с точки зрения динамики и колебаний обсуждаемости определенных тем, изменения окраса мнений пользователей социальных сетей во времени рассмотрены обобщенные темы, заданные совокупностью ключевых слов, не привязанных к определенному новостному сообщению. Также проведен аналитический обзор исследований по тематике работы, методов, применяемых в исследовательской практике, обоснованы направления исследования, обоснованы принципы выполнения научных исследований с использованием выбранного инструментария, создана программа и методика исследования, доработаны имеющиеся автоматизированные программные инструменты для выполнения поставленных в программе исследования задач.

Методологически предполагается исследовать тематики и их восприятие гражданами Российской Федерации (РФ) с двух ракурсов:

- формирование «повестки дня» по исследуемым социальным проблемам в СМИ (контент-анализ баз данных СМИ и публикации электронных СМИ с помощью сервисов мониторинга социальных медиа);
- результаты формирования мнений самими гражданами и их динамика (поисковые запросы, распространение сообщений в социальных сетях, результаты опросов общественного мнения).

Процедурный компонент исследования предполагает применение методов:
- контент-анализ новостных СМИ и социальных медиа;
- анализ официальных статистических данных и опросов общественного мнения;
- анализ частотности поисковых запросов;
- исследование складывающихся неформальных групп и каналов распространения информации в социальных сетях посредством веб-ориентированных автоматизированных программных средств;
- методологический анализ результатов применения использованных методов и инструментов в исследовании реакции интернет-пользователей на изменения в законодательстве.

Подготовленная программа исследования позволяет провести исследование специфики распространения социально-значимой информации в социальных сетях с помощью автоматизированных программных средств.

Для поиска и обработки информации из социальных сетей имеется довольно обширный инструментарий. Некоторые инструменты обладают возможностью оценки тональности текстовых сообщений, частотности упоминаний, охвату аудитории и прочим функционалом, однако наиболее полным функционалом, при этом учитывая семантику русского языка, обладает сервис мониторинга социальных медиа IQBuzz (коммерческий продукт мониторинга социальных сетей), который ввиду этого был выбран в качестве базового инструментария для проведения исследования. С использованием этого сервиса был осуществлен анализ реакции граждан на ряд законов и законодательных инициатив. В качестве примера рассмотрим одну из исследуемых рубрик – «Антипиратский закон».

С 1 августа 2013 года вступил в силу Федеральный закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ по вопросам защиты интеллектуальных прав в информационно-телекоммуникационных сетях», получивший в сети название «антипиратский». Текстом вышеуказанного закона внесены изменения и дополнения в следующие кодексы РФ: гражданский, гражданский процессуальный и арбитражный процессуальный. Также были внесены изменения в Федеральный закон от 27 июля 2006 года № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».

Основная цель изменения и дополнения законодательства, преследуемая законодателем – усовершенствовать механизм защиты авторских прав в сети Интернет. Законодатель дополнил Гражданский процессуальный кодекс статьей о применении предварительных обеспечительных мер защиты исключительных прав на фильмы, в том числе кинофильмы, телефильмы, в информационно-телекоммуникационных сетях, в том числе в сети Интернет. Применение обеспечительных мер не является чем-то новым для гражданского законодательства, однако применение предварительных мер ранее не встречалось. Стоит заметить, что это касается только фильмов.

Изменения, внесенные в закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» представляют собой появление дополнительной статьи, устанавливающей порядок ограничения доступа к информации, распространяемой с нарушением исключительных прав на фильмы, в том числе кинофильмы, телефильмы. Законодатель возлагает на Федеральную службу по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций определенный список обязанностей, выполнение которых необходимо для наложения ограничений доступа к информации.

Изменения, внесенные в Гражданский кодекс РФ, характеризуются появлением нового понятия – информационный посредник. Это лицо, осуществляющее передачу материала в информационно-телекоммуникационной сети, в том числе в сети

Интернет, лицо, предоставляющее возможность размещения материала или информации, необходимой для его получения с использованием информационно-телекоммуникационной сети, а также лицо, предоставляющее возможность доступа к материалу в этой сети. Ранее действующее законодательство не предусматривало такого понятия. Несмотря на введение новых ограничений и запретов, законодатель уделяет особое внимание на то, в каких случаях информационный посредник не несет ответственность за нарушение интеллектуальных прав.

Стоит заметить, что внесенные изменения касаются только фильмов. В ближайшее время ожидаются аналогичные изменения законодательства, которые будут касаться книг, музыки и прочих объектов авторских прав.

В результате анализа за период с 1 января по 30 сентября 2013 г. по тематике «антипиратский закон» было найдено 4 194 документа. В течение этого периода были отмечены следующие информационные всплески (рисунок):

- вступление в силу Федерального закона «О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ по вопросам защиты интеллектуальных прав в информационно-телекоммуникационных сетях», получивший в сети название «антипиратский» (1 августа 2013 г.);
- депутаты от КПРФ (Иван Мельников и Олег Смолин) внесли в думу законопроект, который призван отменить текущий «антипиратский закон» (28 августа 2013 г.);
- с представителями крупнейших российских интернет-компаний встретится заместитель руководителя администрации Президента РФ Вячеслав Володин (6 сентября 2013 г.).

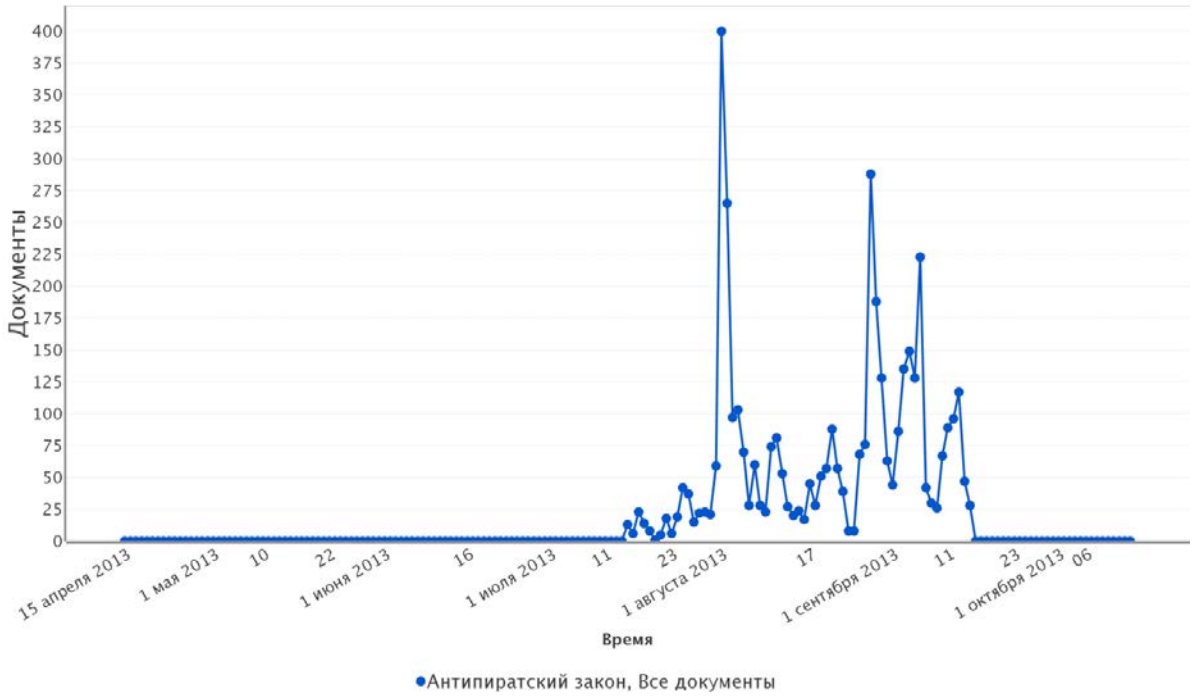


Рисунок. Динамика информационных всплесков по тематике «антипиратский закон» 01.01.2013–30.09.2013 гг. (получено с использованием сервиса мониторинга социальных медиа IQBuzz)

По данным, полученным с использованием сервиса IQBuzz, среди сообщений в тематике «антипиратского закона» преобладают документы с нейтральным оттенком информации. Документы, имеющие положительный окрас, касаются положительного опыта использования сервисов покупки контента, в том числе AppStore, GooglePlay и т.п. Сообщения с негативным оттенком посвящены коррумпированности депутатов и недееспособности существующего законодательства.

Среди всех имеющихся источников, больше всего информационных сообщений приходится на микроблоги, посты в блогах и записи в социальных сетях (табл. 1).

Таблица 1. «Антипиратский закон», источники информационных сообщений

Источник	Охват (%)
http://twitter.com	53,6
http://www.nn.ru	20,1
http://livejournal.com	10,5
http://vk.com	6,2
http://ursa-tm.ru	1,8
http://habrahabr.ru	1,2
http://www.liveinternet.ru	1,1
http://forum.kia-club.ru	0,5
http://www.echo.msk.ru/blog	0,5
http://forum.cherepovets.net	0,3
Другие источники	4,2

В русскоязычном сегменте интернета пользователи больше всего обсуждают исследуемую проблематику в самых популярных социальных сетях. Кроме того, довольно большое количество документов с комментариями к ним приходится на долю новостных ресурсов.

Распределение авторов по гендерному признаку показывает, что мужчины (74,5%) намного более активно высказываются по тематике исследования, чем женщины (25,5%).

С начала года аудитория обсуждения тем, связанных с «антипиратским законом» охватила более 1 млн человек. Охват большей части этой аудитории был обеспечен активностью как официальных блогов органов власти и новостных порталов, так и публикацией отдельных сообщений независимыми блоггерами.

Наибольший интерес к исследуемой тематике проявляют граждане возрастной категории 26–35 лет. Исследуемая проблематика не находит практически никаких откликов в группе пожилых людей, что также связано с недостаточным уровнем использования этой возрастной группой интернет-технологий, и молодых людей (младше 16 лет).

В ходе исследования был выявлен набор ключевых слов, наиболее часто употребляющихся в контексте антипиратского закона (табл. 2).

Таблица 2. «Антипиратский закон», облако ключевых слов (первые 10)

Ключевое слово	Документов
законопроект	242
отмена	216
нужный	209
внести	200
отменить	184
писать	182
проблема	179
сделать	170
предложить	168
страна	162

На основании проведенного анализа были выделены информационные поводы, т.е. всплески обсуждений по темам мониторинга за последний год. Информационные

поводы выделены на основе автоматического анализа, документы объединялись на основе их схожести. Чаще и активнее всего обсуждались темы, связанные с принятием закона, его отменой и внесением поправок под влиянием рынка.

Анализ широкого спектра инфоповодов позволил сделать вывод: общественность активно обсуждает официальные новости, мероприятия и даты, связанные с «антипиратским законом». В результате анализа можно заключить, что общественность начала активно интересоваться «антипиратским законом» еще до его вступления в силу и продолжает вести обсуждения по настоящее время.

По результатам проведенного анализа всех рубрик можно сделать следующие выводы:

- интернет-пользователи следят за законопроектами и их реализацией наряду с теми, кто интернет не использует, причем охват аудитории является соизмеримым с аудиторией пользователей телевидения;
- общественность активнее всего обсуждает последствия и процесс, нежели предпосылки и историю результатов законотворческой деятельности;
- больший интерес законодательство вызывает у мужской половины интернет-аудитории;
- среди возрастных категорий, группа интернет-пользователей в возрасте 26–35 лет является наиболее восприимчивой к исследуемой тематике;
- социальные сети ВКонтакте, Твиттер, а также блог-сервис LiveJournal являются наиболее популярными площадками для обсуждений законов и законодательных инициатив.

Это доказывает возможность применения существующих инструментов анализа социальных сетей, блогов и интернет-контента для изучения востребованности законодательных инициатив и других исследований в тематике законотворчества.

В процессе подготовки детального аналитического обзора были сделаны следующие выводы:

- исследования, относящиеся к изучению формирования «повестки дня» со стороны СМИ не имеют тесной связи с исследованиями откликов граждан на данную повестку;
- сервисы мониторинга социальных медиа, анализ частотности поисковых запросов, а также визуализация каналов распространения социально-значимой информации на сегодняшний день не используются для изучения социальных проблем общества и мнений граждан относительно них;
- применение автоматизированных средств анализа обсуждаемости, мнений и специфики распространения информации относительно социальных проблем в социальных сетях позволит получить качественно новую информацию о формировании общественного мнения по тем или иным вопросам.

Жуков Михаил Валерьевич
Год рождения: 1991
Факультет точной механики и технологий,
кафедра нанотехнологий и материаловедения, группа № 6676
Направление подготовки: 200100 – Приборостроение
e-mail: cloudjyk@yandex.ru

УДК 539.216.1; 53.083.2; 53.084.2

СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ЗОНДОВ НА ОСНОВЕ НАНОВИСКЕРНЫХ СТРУКТУР ДЛЯ СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ

М.В. Жуков
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент В.В. Левичев

Грант ФЦП (ГК П557), грант РФФИ (14-02-31703 мол_а); грант программы «У.М.Н.И.К.» (№ 11698р/17266); премия грантов Правительства Санкт-Петербурга (2013 г.); НИОКР, финансируемые в рамках подготовки магистрантов и аспирантов (номер НИЧ 610488); НИР, финансируемые из централизованных средств Университета ИТМО в 2012–2014 гг. (НИР № 411393, НИР № 411501, НИР № 414643).

Основным элементом, определяющим работу и получаемое качество изображений в сканирующих зондовых микроскопах (СЗМ) является зонд, или острие, взаимодействующее с исследуемой поверхностью, поэтому к качеству и параметрам зондов всегда предъявляются отдельные требования, особенно при высокоточных измерениях в промышленности и лабораторных исследованиях.

Стандартные зонды для сканирующей зондовой микроскопии не позволяют достаточно глубоко проникать в узкие каналы и углубления из-за низкого аспектного разрешения, с их помощью невозможно разрешить достаточно мелкие наноразмерные участки топологии поверхности (в основном мезоразмерные 2–50 нм), а также достаточно четко прорисовать области резких перепадов высот.

Для увеличения аспектного разрешения и остроты зондов в последнее время идут различные работы по модификации и улучшению технологии создания зондов [1–3], одной из которых является выращивание на вершинах СЗМ зондов кристаллов нитевидной формы, или нановискеров [4, 5], с параметрами, улучшающими пространственное разрешение и контраст получаемых изображений. Однако данные структуры еще мало изучены на практике.

Учитывая актуальность всего вышеизложенного, **целью работы** являлось создание и дальнейшее исследование специализированных зондов с нановискерными структурами для высокоточного исследования и модификации объектов живой и неживой природы в различных средах и режимах сканирования методами сканирующей зондовой микроскопии.

В настоящее время существует множество методов по выращиванию нановискеров на кончиках зондов. При этом одним из широко применяемых методов выращивания нановискеров на вершинах зондов для СЗМ остается метод молекулярно-пучковой эпитаксии (МПЭ) [6], позволяющий создавать массивы нановискеров на вершинах зондов в промышленных масштабах. Тем не менее, при применении данного

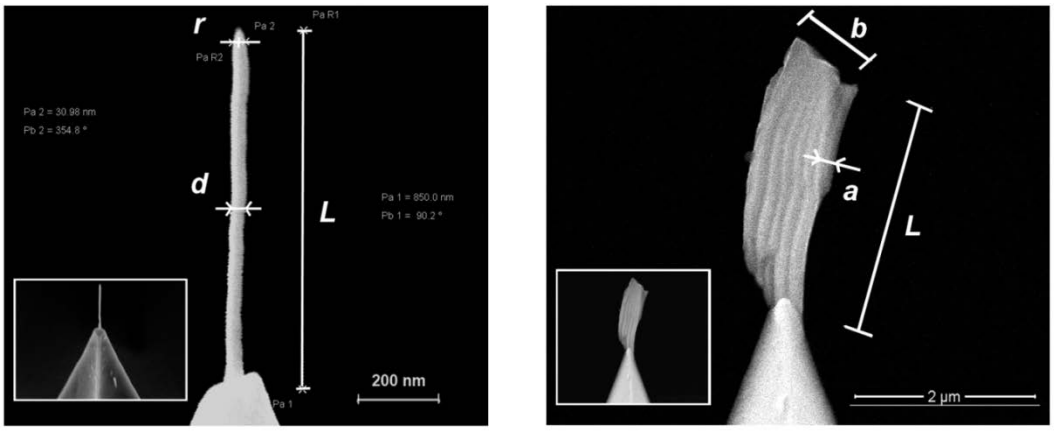
метода возникают проблемы роста одиночных нановискеров с жестким контролем параметров, что необходимо для достижения стабильного сканирования и модификации объектов сложной топологии структуры.

Для решения данной проблемы был предложен новый метод выращивания нановискеров под пучком электронов в вакууме [7], который позволяет создавать единичные нановискеры с контролируемыми параметрами, такими как состав, длина, утолщение, угол и время роста нановискерных структур.

В ходе работ по созданию и модификации зондов с нановискерными структурами использовались СЭМ CrossBeam Neon 40 (Carl Zeiss, Германия) и Inspect (FEI, США). Исследование работы разрабатываемых типов зондовых датчиков проводилось на комплексе Ntegra Aura (NT-MDT, Россия) в полуконтактной и контактной силовых модах.

В качестве тестовых жидкостных сред были выбраны: дистиллированная вода, натрий-фосфатный буфер (PBS – phosphate buffered saline), боратный буфер (pH 9,18), NaOH 0,1 M и NaOH 0,5 M. Исследование фиксации нативных биологических объектов проводились методом конфокальной лазерной сканирующей микроскопии (КЛСМ) на микроскопе Leica TCS SL.

В работе были разработаны две модификации специализированных зондов на основе нановискерных структур: зонды с одиночными Pt/C нановискерами (НВ) (рис. 1, а) и ассиметричными С наноскальпелями (НС) (рис. 1, б). Первая модификация зондов предназначена для повышения качества визуализации объектов сложной топологии структуры, вторая – для проведения специальных работ, таких как выполнение локальной модификации объектов (литографии), манипуляции наночастицами и проведение тонких надрезов объектов биологического происхождения.



а б

Рис. 1. СЭМ-изображения НВ (а) и НС (б), выращенных в вакуумной камере электронного микроскопа на вершинах пирамид стандартных зондовых датчиков

НВ представляет собой вытянутый нитевидный стержень длиной L, диаметром d и радиусом скругления кончика r. Использовались зонды длиной около 400–800 нм, диаметром 40–60 нм и радиусом скругления кончика 7–12 нм. НС характеризуются несимметричной формой; толщина НС (a) значительно меньше его ширины (b) и длины (L). Использовались зонды с НС шириной 60–80 нм, глубиной 300–400 нм и длиной, не превосходящей 400 нм.

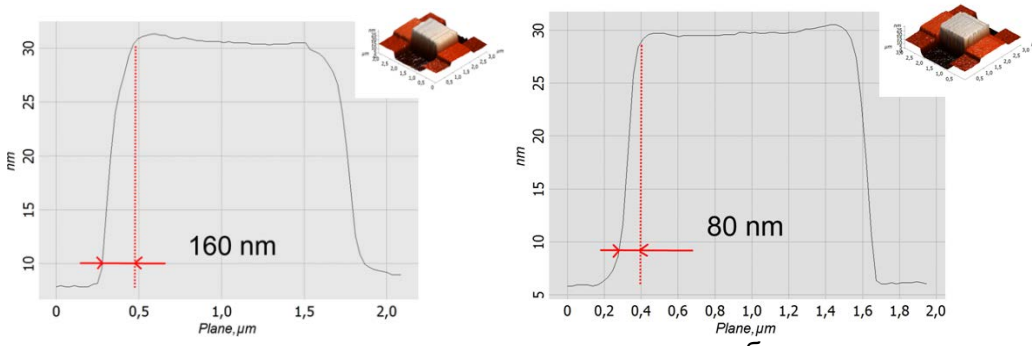
В ходе отработки параметров создания зондов с Pt/C НВ при сканировании стандартной тестовой решетки TGT01 были замечены колебания с постоянной частотой порядка 35–40 Гц. В связи с этим была рассчитана собственная частота НВ,

которая составила отличные значения 6–2500 МГц при соответствующем изменении аспектного отношения α нановискера от 5 до 100.

Предположено, что основная причина колебаний связана с двойным касанием зонда в области перепада высот. Установлено, что колебания связаны с технологической конструкцией прибора, в котором зонд устанавливается с наклоном в 20–25° относительно образца, и при соответствующем изменении угла роста НВ колебания удалось полностью устранить.

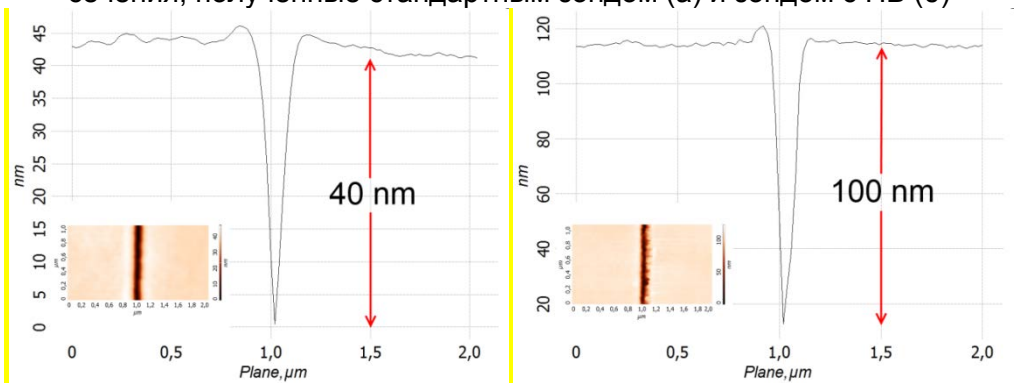
Вычисление критических сил при взаимодействии «зонд-образец» позволило установить, что зонды с одиночными НВ выдерживают нагрузки в диапазоне 1–30 нН при изменении α от 100 до 5, а зонды с НС около 9 мкН, что говорит о применимости данных типов зондов для проведения высокоточного исследования и литографии образцов различной природы. Опыты по тестированию полученных структур на практике подтвердили проведенные расчеты.

При исследовании структур решетки TGQ01 (рис. 2) было выявлено улучшение отображения областей вертикальных стенок при использовании зондов с НВ (уширение 80 нм вместо 160 нм у стандартного зонда), что говорит об улучшении латерального разрешения СЗМ при использовании данного типа зондов. Кроме того, высокое аспектное отношение зондов с НВ позволяет существенно повысить проникающую способность данного типа зондов в узкие каналы и неровности на поверхности объектов сложной топологии структуры.



а б

Рис. 2. СЗМ-изображения площадки калибровочной решетки TGQ01 и поперечные сечения, полученные стандартным зондом (а) и зондом с НВ (б)



а б

Рис. 3. СЗМ-изображения канала полиметилметакрилата с характерным поперечным сечением, полученные стандартным зондом (а) и зондом с НВ (б)

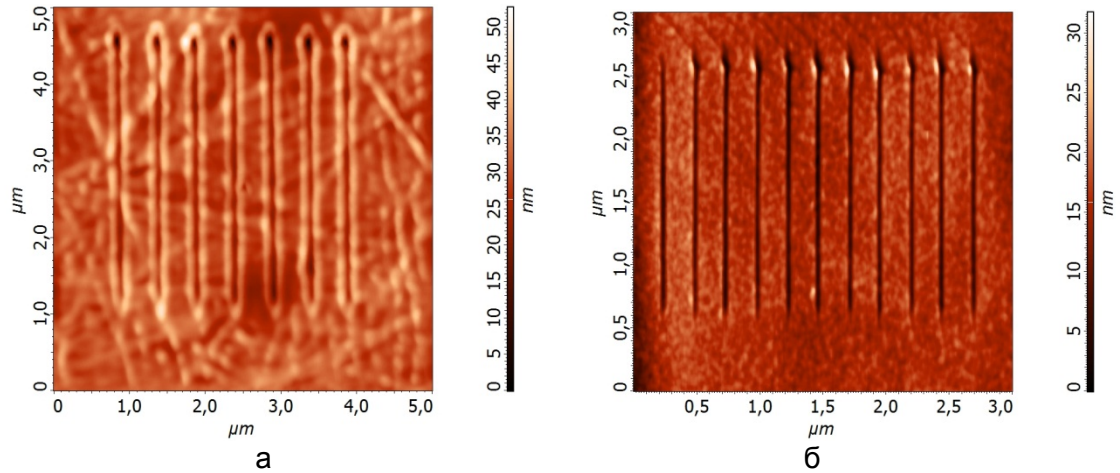
Для подтверждения данного утверждения были созданы и измерены наноразмерные каналы в электронном фоторезисте на поверхности кремния (рис. 3). Глубина канала составила 100 нм, ширина – около 200 нм. Обнаружено, что зонд с НВ позволяет проникать в такие каналы на всю глубину, тогда как стандартный зонд проникает в канал только на 40 нм. Повышение проникающей способности зондов с

НВ говорит о повышении диапазона отображения высот, следовательно, и контраста получаемых СЗМ-изображений.

Кроме того, были изучены результаты отображения магнитных полей специализированными зондами с НВ. Для этого было произведено напыление магнитного материала (30 нм слой Co) на поверхность НВ, выращенного на вершине кремниевой пирамиды стандартного зонда методом лазерного электродиспергирования. Выявлено, что зонд с НВ позволяет получить больший контраст по фазе, но наблюдается «кросс-эффект», что можно связать с большей чувствительностью зонда благодаря его геометрии (5° стандартного зонда против 10–14° у НВ зонда).

Проведены опыты по выявлению лучших режимов и буферных сред при работе в жидкости на калибровочной решетке TGQ01. В результате многократных экспериментов установлено, что лучшее качество отображения наблюдается в контактной силовой моде, а лучшее соответствие измеренных значений эталонным достигается в полуконтактном режиме работы. Лучшими буферными средами для проведения опытов в жидких средах признаны PBS-растворы, а также буферы NaOH 0,1 М и NaOH 0,5 М. Исследование работы зондов с НВ показало их преимущество по сравнению со стандартными зондами, как по качеству и контрасту получаемых изображений, так и по значениям погрешностей измеряемых структур.

Выявлены оптимальные параметры литографии зондами с НС золотых пленок на поверхности поликарбоната. Оптимальная сила воздействия составила 1–1,5 мкН, рекомендуемая скорость литографии 2 мкм/с, времени задержки зонда в точке 300 мкс. В результате опытов по литографии поверхности специализированными зондами с НС обнаружено существенное улучшение проводимых резов (рис. 4). Так, ширина борозд при использовании НС составила 70–80 нм при глубине 11–12 нм, когда у стандартного зонда 160–180 нм и 4–7 нм соответственно при тех же самых параметрах.

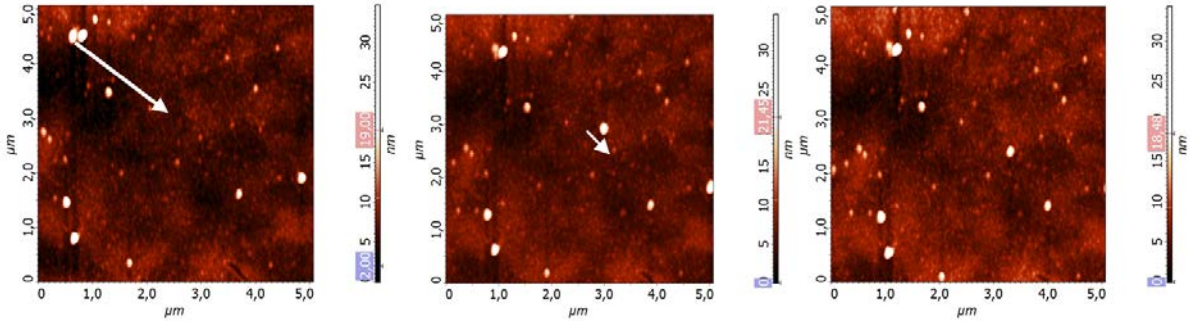


а б

Рис. 4. СЗМ-изображения поверхности золотой подложки после литографии поверхности стандартным зондом (а) и зондом с НС (б)

Особенно стоит отметить наросты по бокам получаемых каналов при использовании стандартных зондов, что говорит о большем «раздвигании» материала при литографии, нежели его прорезании, что связано с геометрией стандартных зондов, представляющих собой конус или пирамиду, расширяющуюся к основанию. У зондов с НС нет данного недостатка, так как они имеют постоянную ширину по всей области воздействия. Для определения разрешающей способности зондов с НС при проведении атомно-силовой литографии проведена литография полос с определенным периодом (250–25 нм). Выявленная разрешающая способность зондов с НС составила около 50 нм.

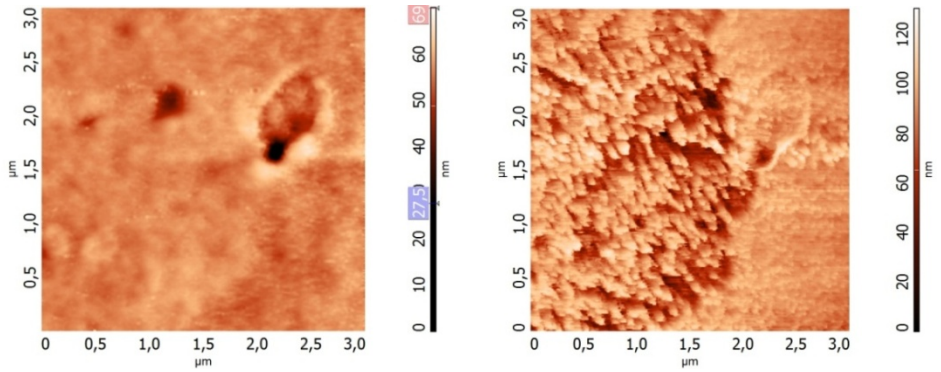
Показана возможность манипуляции с помощью зонда с НС частиц (коллоидные наносферы) размерами 250–300 нм (рис. 5). При манипуляциях использовалась широкая часть наноскальпеля за счет большой площади воздействия на частицу и большей вероятности ее захвата.



а б в

Рис. 5. СЗМ-изображения манипуляций наносферами при использовании зонда с НС: начальное положение частицы (а); смещение частицы вниз направо, сильное воздействие 500 нН (б); повторное смещение, слабое воздействие 250 нН (в)

Образцами биологического происхождения, исследуемыми в воздушной среде, являлись клетки крови эритроциты. Для корректного сравнения получаемых результатов был исследован один и тот же эритроцит. Обнаружено, что при использовании зондов с НВ существенно повышается качество изображения и разрешающая способность СЗМ. При сканировании мембран эритроцитов можно увидеть наноразмерные объекты, которые стандартным зондом обнаружить не удалось (рис. 6).

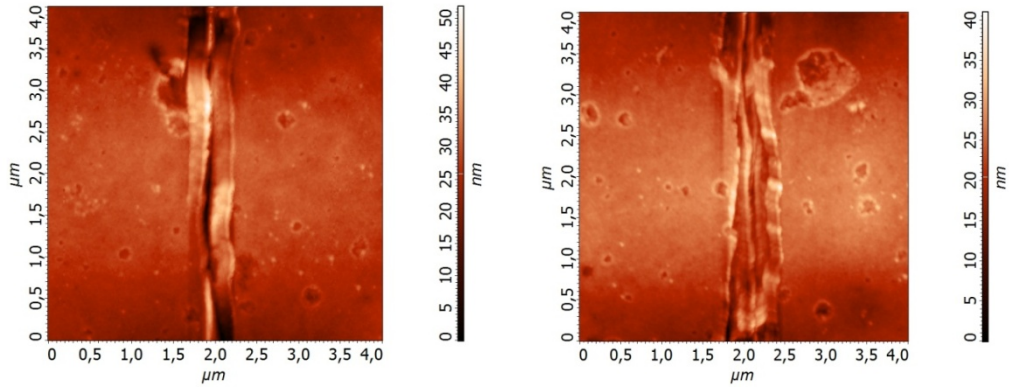


а б

Рис. 6. СЗМ-изображения мембраны единичного эритроцита, полученные стандартным зондом (а) и зондом с НВ (б)

Установлено, что ухудшение контраста и разрешения отображения поверхности стандартными зондами может быть связано с капиллярными силами, возникающими между слоем сконденсированной воды на поверхности образцов. В результате проведенных опытов по снятию кривых отвода было обнаружено, что зонды с нановискерами обладают большей силой адгезии по сравнению со стандартными зондами. Так, сила адгезии Fa на поверхности мембран составила, соответственно, значения 35–55 нН для стандартного зонда и 60–350 нН для зонда с НВ. Данная закономерность оказалась справедлива и для объектов неорганической природы.

Проведено препарирование клеток крови, заключающееся в надрезании мембран зондом с НС для исследования и дальнейшей модификации внутренней структуры клеток (рис. 7). Проведено исследование зависимости силы прижима от глубины и ширины надреза. Модификация поверхности начинается с 1 мкН, при силах в 6,5 мкН начинается отслаивание мембраны (рис. 7, а). При силах 7,5 мкН происходит раскрытие мембраны и выявление внутренней структуры эритроцита (рис. 7, б).



а б

Рис. 7. СЗМ-изображение поверхности мембраны эритроцита после воздействия 6,5 мкН зондом с НС (а) и раскрытие мембраны при силе воздействия 7,5 мкН (б)

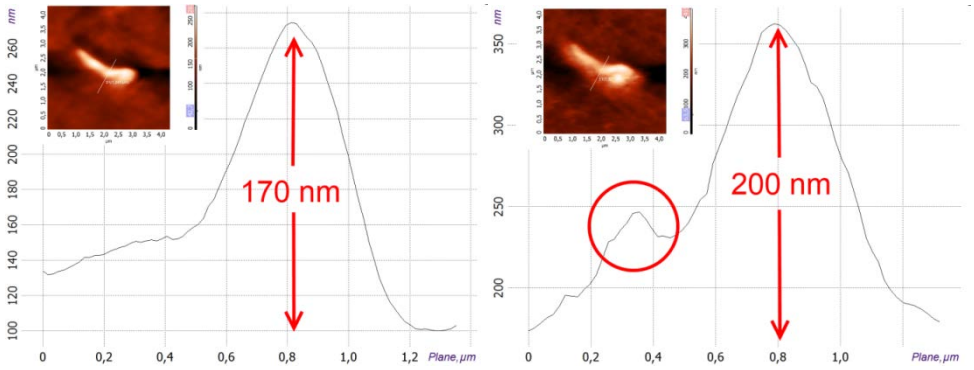
Исследование биологических объектов в нативном состоянии в жидких средах проводилось в полуконтактной силовой моде атомно-силовой микроскопии для уменьшения инвазивного воздействия зонда на изучаемые объекты, а также для увеличения устойчивости работы зондов с НВ при силовых нагрузках. Для иммобилизации нативных бактерий E.Coli (Escherichia Coli) использовались гелеобразующие вещества желатин и агар-агар.

Перед проведением экспериментов по исследованию фиксации методом КЛСМ бактерии E.Coli окрашивались флуоресцентным красителем. Суспензия объемом 50 мкл, содержащая E.Coli, распределялась по поверхности пленки желатина/агар-агара, образовавшейся на дне чашек Петри, и выдерживалась в таком виде в течение 10–15 мин. Далее осуществлялась 3-х кратная промывка и заполнение чашек на 1/3 дистиллированной водой, после чего проводились измерения бактерий методом КЛСМ.

Для устранения эффекта набухания пленки было решено нанести агар-агар на пластинку слюды, таким образом, что позволило визуализировать не только одиночные бактерии, но и группы бактерий E.Coli. Исследования проводились в буфере PBS, который оказался лучшим буфером по качеству и точности отображения получаемых изображений. Результаты исследований позволили получить оценки размеров бактерий E.Coli, соответствующие литературным данным (диаметр 0,5 мкм, длина 2–3 мкм) [8].

При исследовании единичных бактерий E.Coli обнаружено существенное улучшение контраста и разрешения при использовании зондов с НВ (рис. 8). Так, на сечениях, взятых у конкретной единичной бактерии E.Coli в одном и том же месте, выявлено общее увеличение разрешения и перепадов высот зондами с НВ (до 200 нм), а также замечена визуализация тонкой наноразмерной структуры по периметру бактерии E.Coli (левый пик на рис. 8, б). Предположительно, данные структуры могут быть волокнами (волосками), присутствующими на поверхности бактерий E.Coli. Использование стандартных зондов не позволило выявить данную наноразмерную структуру.

Данные исследования крайне актуальны, так как позволяют проводить прецизионные высокоточные in situ исследования биологических объектов в нативном состоянии. Показанные ранее опыты по надрезанию мембран эритроцитов могут использоваться в области клеточной нанохирургии и фармакологических исследованиях по контролю состояния клеток при введении в них лекарственных средств и красителей с течением времени. Показанные результаты по визуализации и модификации объектов неорганической природы могут быть использованы в промышленности для создания и контроля наноразмерных элементов выпускаемой наукоемкой продукции.



а б

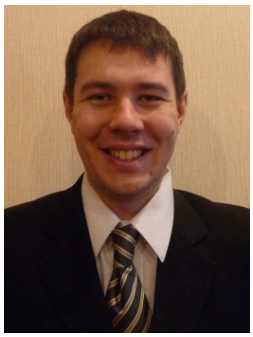
Рис. 8. СЗМ-изображение одиночной бактерии E.Coli и сечения, полученные стандартным зондом (а) и зондом с НВ (б) в PBS-буфере

Таким образом, в результате выполнения данной работы было проведено создание и исследование специализированных зондов с нановискерными структурами, таких как нановискеры и наноскальпели, для высокоточного исследования и модификации объектов живой и неживой природы в различных средах и режимах сканирования методами сканирующей зондовой микроскопии.

Данные исследования показывают преимущества зондов на основе нановискерных структур по сравнению со стандартными зондами и создают задел для дальнейшего изучения и применения данного типа зондов для решения прикладных задач в области нанотехнологий.

Литература

1. Bedri Onur Kucukyildirim, Aysegul Akdogan Eker, Bulent Eker. Usage of Carbon Nanotubes in Scanning Probe Microscopes as Probe // International Journal of Arts and Sciences. – 2009. – V. 3(1). – P. 18–26.
2. Nyapshaev I.A., Ankudinov A.V., Stovpyaga A.V., Trofimova E.Yu., Eropkin M.Yu. Diagnostics of living cells under an atomic force microscope using a submicron spherical probe with a calibrated radius of curvature // Technical Physics. – 2012. – V. 57(10). – P. 1430–1437.
3. Beard J.D., Gordeev S.N. Fabrication and buckling dynamics of nanoneedle AFM probes. // Nanotechnology. – 2011. – V. 22(17). – P. 175303 (8 pp).
4. Мухин И.С., Мухин М.С., Феклистов А.В., Голубок А.О. Специализированные СЗМ-зонды на основе каркасных вискерных структур // Научное приборостроение. – 2011. – Т. 21. – № 3. – С. 23–29.
5. Beard J.D., Burbridge D.J., Moskalenko A.V., Dudko O., Yarova P.L., Smirnov S.V., Gordeev S.N. An atomic force microscope nanoscalpel for nanolithography and biological applications // Nanotechnology. – 2009. – V. 20. – P. 1–10.
6. Klinov D., Magonov S. True molecular resolution in tapping-mode atomic force microscopy with high-resolution probes // Applied physics letters. – 2004. – V. 84(14). – P. 2697–2699.
7. Levichev V.V., Zhukov M.V., Mukhin I.S., Denisyuk A.I., Golubok A.O. On the operating stability of a scanning force microscope with a nanowhisker at the top of the probe // Technical Physics. – 2013. – V. 58(7). – P. 1043–1047.
8. Prescott L.M., Harley J.P., Klein D. Microbiology (7th Ed). – New York: McGraw-Hill, 2008. – 1222 p.



Клещенок Максим Андреевич
Год рождения: 1991
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра оптико-электронных приборов и систем, группа № 6312
Направление подготовки: 200400 – Оптотехника
e-mail: shadowklesh@gmail.com

УДК 681.78

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СООСНОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТУРБОАГРЕГАТОВ

М.А. Клещенок
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Н. Тимофеев

В работе приводятся результаты теоретического и экспериментального анализов погрешностей оптико-электронной системы контроля соосности, как канала в комплексе системе техносферной безопасности, оказывающих влияние на точность измерений, в ходе которых исследовалось влияние наиболее существенных факторов, таких как искривление визирной линии, погрешность метода определения координат полупроводникового излучающего диода (ПИД), погрешность от неточности системы.

Многомерность оптических сигналов, возможность принимать и обрабатывать в реальном масштабе времени огромные объемы информации выдвигают оптико-электронные системы на первое место среди сложных систем автоматического обнаружения и распознавания сигналов на фоне естественных и организованных помех. Часто эти задачи могут успешно решаться путем создания расширяемых модульных оптико-электронных систем (ОЭС), работающих одновременно в нескольких различных областях значений одного и того же информационного пространства, например, в различных областях спектра. Возможно построение систем, в каждом из каналов которых анализируется информативный параметр различного рода, например, спектральный и поляризационный. Как известно, использование двух и более параметров, например, спектральных диапазонов при спектральной оптической фильтрации, заметно повышает эффективность работы ОЭС. При этом дополнительным преимуществом является то, что оптимальным диапазоном для обнаружения того или иного объекта может быть один, а для его идентификации – другой. Таким образом, используя принцип комплексирования измерительной информации, достигается более качественный конечный результат.

Основной **целью работы** являлось исследование и разработка оптико-электронных систем контроля соосности положения элементов турбоагрегата (ОЭСКСПЭТ) на базе двух ретрорефлекторов, а также исследование погрешностей системы, с проведением экспериментальных исследований в лабораторных условиях.

В результате аналитического обзора существующих методов и систем контроля соосности было выявлено, что они обладают следующими недостатками: высокое энергопотребление; наличие большого количества механических деталей; маленький диапазон контролируемых смещений; сложность в изготовлении и эксплуатации; недостаточная точность измерений; контроль смещения в одной точке; отсутствие автоматизации в процессе проведения измерений; сильная зависимость от условий эксплуатации, что показывает нехватку качественных устройств в данной отрасли.

За основу будущей системы предлагается взять известную внутрибазовую схему и модифицировать ее путем выноса измерительной базы на контрольный элемент (КЭ). Известно, что линейный размер базы *B* является основным критерием, влияющим на погрешность определения дистанции, что делает актуальным увеличение базы до максимально возможных значений. В известной схеме, где измерительная база располагается непосредственно в системе, размер базы ограничен диаметром объектива и конструктивными требованиями к самой системе. Однако ограничение размера базы, размещенной на КЭ, слабее, что предполагает ее независимое увеличение до оптимальных значений.

В предлагаемой схеме данное преимущество имеет еще больший вес, так как «регистрируемая» база соответствует двойной в аналогичной схеме, что пояснено на рис. 1.

Во-вторых, отсутствует необходимость в электропитании и управлении КЭ, что освобождает систему от дополнительных проводов.

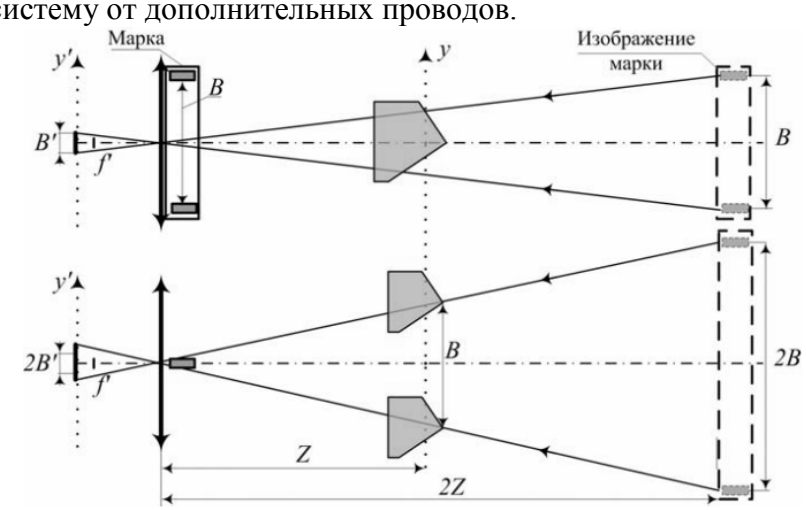


Рис. 1. Сравнительный ход лучей авторефлексионных схем: известная схема (верхний рисунок); предлагаемая (нижний рисунок)

Исследуемая схема (рис. 2 и рис. 3, а) строится по внешнебазной авторефлексионной схеме с единым матричным фотоприемным полем анализа. Контрольный элемент (КЭ) реализован в виде двух трипельпризм, каждая из которых симметрично смещена с визирной линии системы. В общем случае возможно использование большего количества трипельпризм.

Рис. 2. Структурная схема ОЭСКСПЭТ

В реализации этой схемы приемно-передающий элемент (ППЭ) содержит приемник оптического излучения (ПОИ), оптическую систему (ОС), оптический фильтр (ОФ), полупроводниковый излучающий диод (ПИД); контрольный элемент КЭ, содержащий два отражателя (ОТ). Полученные данные обрабатываются в блоке обработки информации, включающим в себя два модуля интерфейса (МИ1), (МИ2), микроконтроллер (МК), дисплея (ДИ), микроЭВМ (МЭВМ) и источника питания (ИП).

Координаты (x_1', y_1') и (x_2', y_2') (рис. 3, б) двух изображений ПИД, полученные на ПОИ с помощью ОФ и ОС, служат основой для вычисления контролируемых смещений КЭ по трем осям O*X*, O*Y*, O*Z*, передаваемых через МИ1 для обработки на микроЭВМ и дальнейший вывод на ДИ. Включение и выключение ПИД управляется с МЭВМ посредством МИ с МК подключенным к ПИД.

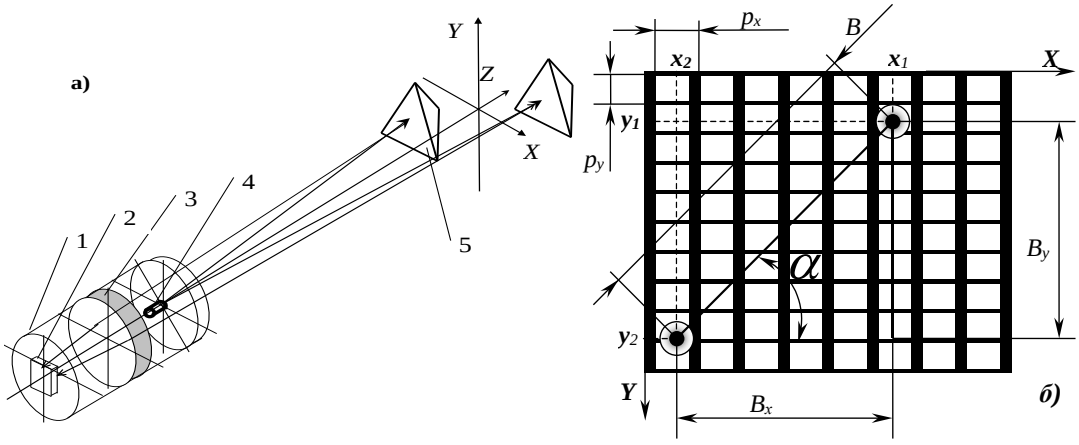


Рис. 3. Оптическая часть схемы ОЭСКСПЭТ

К достоинствам такой системы можно отнести: большая гибкость, за счет выноса измерительной базы за КЭ; отсутствует необходимость в электропитании и управлении КЭ; возможность дальнейшей модернизации.

Для решения задач пространственного контроля, решаемых данной системой, актуальным стоит считать использование полупроводникового инфракрасного излучающего диода (ПИД) VSLB3948 фирмы Vishay, вследствие его работы в области длин волн инфракрасного диапазона, необходимой для устранения ложных определений, засветок от солнца и других возможных источников. Из-за того, что основная длина волны излучения ПИД составляет 940 нм, необходимо использовать матричный приемник оптического излучения, незначительно отличающийся спектральной характеристикой чувствительности в области длин волн инфракрасного диапазона, например, КМОП-матрицы фирмы OmniVision – OV5620.

По результатам габаритно-энергетического расчета параметров основных оптических структурных элементов выбран модифицированный объектив ТБ3 с фокусным расстоянием 200 мм, а также сформирована оптическая принципиальная схема, представленная на рис. 4.

В фокальной плоскости объектива расположена фоточувствительная плоскость КМОП, определяющая координаты $((x_1', y_1')$ и (x_2', y_2') рис. 3, б) двух изображений ПИД. Служит основой для вычисления контролируемых смещений КЭ 8 (реализованного в виде двух триппельпризм, каждая из которых симметрично смещена с визирной линии системы, в общем случае возможно использование большего количества триппельпризм) на расстояние по трем осям O*X*, O*Y*, O*Z*. При смещении КЭ, регистрируется смещение вдвое большее.

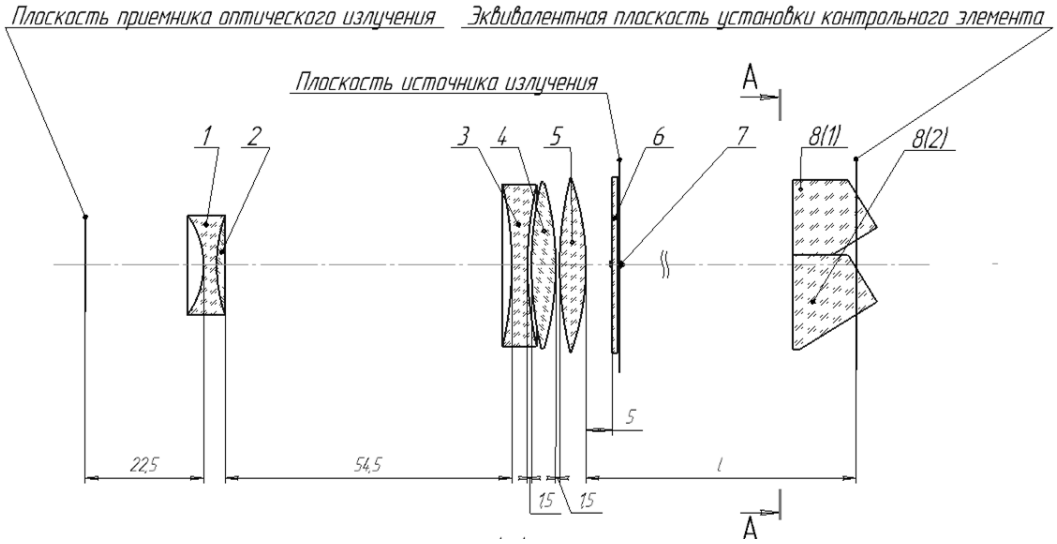


Рис. 4. Оптическая схема

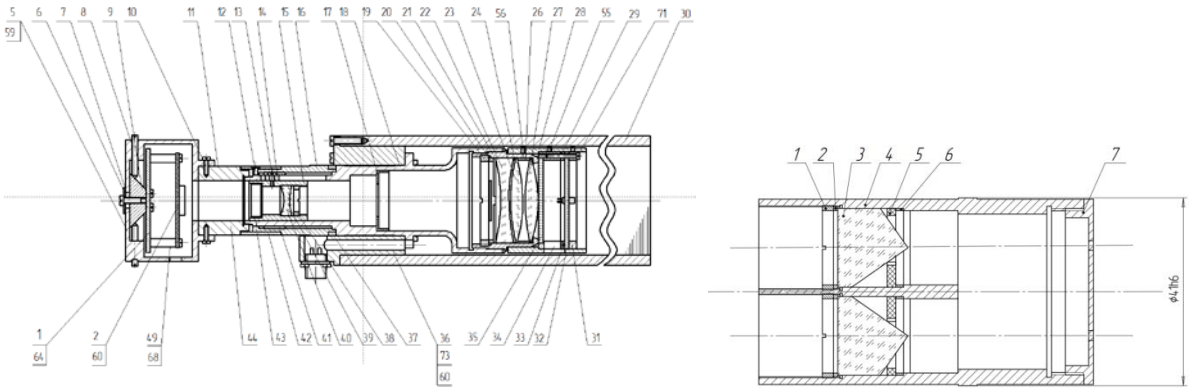
Изображение ПИД должно находится в плоскости ПОИ с точностью ±0,05 мм.

Диапазон изменения величины L варьируется от 1 до 10 м в зависимости от контролируемого объекта. ПИД 7 закреплен в оптическом светофильтре 6, применяемым для устранения спектра фонового излучения.

Конструктивно оптико-электронная система контроля соосности положения элементов турбоагрегатов состоит из двух основных частей: отражательной и приемной части.

Приемный блок (рис. 5, а) заключает в себя матрицу и объектив с ручной фокусировкой, ПИД, заключенный в инфракрасный фильтр.

Отражательная часть включает в себя две трипельпризмы (рис. 5, б).



а б

Рис. 5. Разрезы: приемный блок (а) и отражатель (б)

На заключительном этапе работы проводились теоретические и экспериментальные исследования погрешностей системы на разработанном стенде (рис. 6).

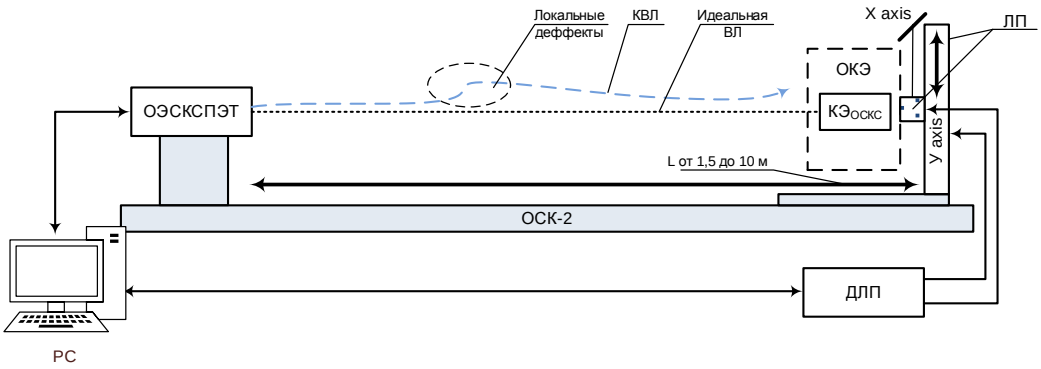
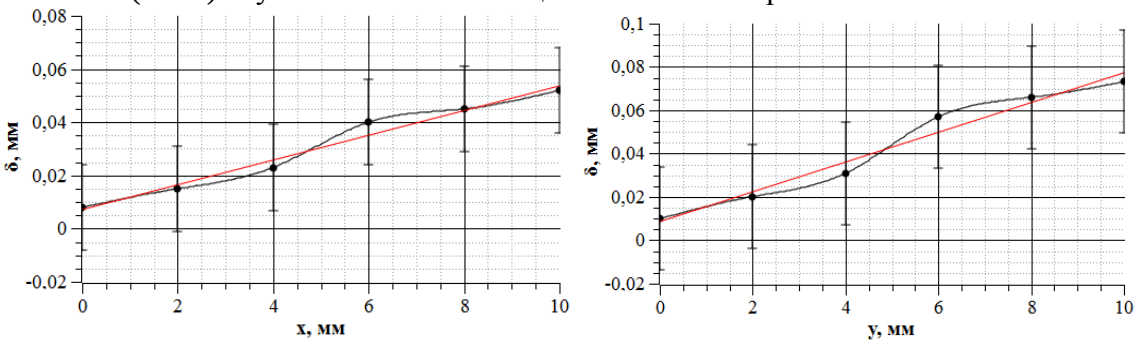


Рис. 6. Схема лабораторного стенда

Задача эксперимента состояла в исследовании статической характеристики ОЭСКС, которая позволяет оценить основные точностные характеристики системы, а именно значения систематической составляющей и значение среднеквадратичного отклонения (СКО) случайной составляющей основной погрешности системы.



а б

Рис. 7. Горизонтальная (а) и вертикальная (б) составляющая систематической погрешности

В результате обработки полученных данных (рис. 7) измерений по координате X (Y) максимальное значение систематической составляющей основной погрешности составило: $\tilde{\Delta}_{xosH} = 0,052$ мм ($\tilde{\Delta}_{yosH} = 0,073$ мм); максимальное значение вариаций показаний $\tilde{H}_{xo} = 0,016$ мм ($\tilde{H}_{yo} = 0,023$ мм); максимальное значение СКО случайной составляющей основной погрешности $\sigma\left[\overset{\circ}{\Delta}_{xoH}\right] = 0,0320$ мм ($\sigma\left[\overset{\circ}{\Delta}_{yoH}\right] = 0,0460$ мм).

Полученные результаты несколько выше теоретических, так как возможно был не верно выбран масштабный коэффициент, не учитывались такие факторы как влияние среды, вибрации и других маловлияющих погрешностей.

По результатам проведенного технико-экономического обоснования и на основе расчета всей совокупности показателей эффективности проекта можно судить о целесообразности принятия проекта к реализации и его эффективности с учетом срока окупаемости 1,5 года при стоимости 400000 рублей.

Научная новизна работы. Разработан способ контроля соосности элементов турбоагрегатов, основанный на использовании авторефлексионной оптико-электронной схемы с базовым структурированным дуплексным ретрорефлектором и цифровым анализом поля изображения, обеспечивающий заданную величину погрешности и диапазон измерения трех линейных координат КЭ. Оформляется патент на способ и устройство.

Практическая значимость. Разработанный способ позволит улучшить технико-экономические характеристики и потребительские свойства разрабатываемой продукции и услуг, в том числе:

- в машиностроении – при модернизации оптико-электронных систем контроля соосности элементов турбоагрегатов;
- в космической технике – при разработке методов и средств измерения положения элементов телескопов;
- в судостроении и судоремонте – при разработке оптико-электронных систем контроля деформаций судов, доков и нефтяных платформ;
- в образовании – развитие разделов дисциплин «Теория оптико-электронных приборов», «Цифровые методы обработки изображений».

Работа подтверждена двумя актами использования в НИР кафедры ОЭПиС Университета ИТМО, отражена в пяти контрактах на выполнения НИР, проводимых коллективом Научно-образовательного центра оптико-электронного приборостроения Университета ИТМО.

Литература

1. Kleshchenok M.A., Anisimov A.G., Lashmanov O.U., Timofeev A.N., Korotaev V.V. Alignment control optical-electronic system with duplex retroreflectors // Proc. of SPIE. – 2014. – V. 9131. – P. 91311X.
2. Клещенок М.А., Тимофеев А.Н. Разработка оптико-электронной системы контроля соосности с дуплексным отражателем // Сб. трудов международной конференции «Прикладная оптика-2012». – 2012. – Т. 2. – С. 81–84.
3. Клещенок М.А. Исследование методических погрешностей работы оптико-электронной системы контроля соосности с дуплексным отражателем // Альманах научных работ молодых ученых. – 2013. – С. 139–142.

Комиссаренко Филипп Эдуардович
Год рождения: 1992
Факультет точной механики и технологий,
кафедра нанотехнологий и материаловедения,
группа № 6676
Направление подготовки: 200100 – Приборостроение
e-mail: 1576406@gmail.com

УДК 537.29

МАНИПУЛИРОВАНИЕ МИКРО- И НАНОЧАСТИЦАМИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА: МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЭКСПЕРИМЕНТ, ПРИМЕНЕНИЕ

Ф.Э. Комиссаренко
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент А.И. Денисюк

НИР № 411501. Развитие методов прецизионного манипулирования микро- и нанообъектами в пространстве, характеризация микро- и нанообъектов.

Прецизионное перемещение микро- и наночастиц может быть выполнено с помощью атомно-силовых и электронных микроскопов. Перемещение объектов в атомно-силовых микроскопах основывается на механическом или электростатическом

взаимодействии между частицей и зондом микроскопа [1]. Однако атомно-силовой микроскоп не позволяет визуализировать процесс и результат перемещения: нельзя получать изображения в режиме реального времени и невозможно наблюдать результат модификации зонда микроскопа. Электронные микроскопы не имеют подобных ограничений по визуализации полученных структур. Методы перемещения объектов внутри электронных микроскопов основываются на механическом взаимодействии манипулятора и частицы при одновременной визуализации электронных изображений [2] или путем прямого воздействия поля электронного пучка на перемещаемый объект. Однако последний метод вследствие малости поля электронов может быть реализован лишь для объектов, находящихся в специальных условиях, таких как жидкостная ячейка [3].

Целью работы являлось экспериментальное и теоретическое изучение метода перемещения микро- и наночастиц, который основан на электростатическом взаимодействии между объектами, заряжающимися под действием электронного пучка сканирующего электронного микроскопа. Метод позволяет прецизионно перемещать (подхватывать, переносить и скидывать) частицы различных материалов широкого диапазона размеров, а также визуализировать процесс и результат перемещения в реальном времени с высоким разрешением сфокусированного электронного пучка.

Эксперименты проводились на электронном микроскопе, который был дополнительно оснащен механическим микроманипулятором для механического позиционирования нанообъектов под электронным пучком. В ходе экспериментального изучения представленного метода было проведено манипулирование сферическими частицами Al_2O_3, нанооктаэдрами WO_3 и группами частиц вольфрама. Размеры частиц варьировались от 50 нм до 1 мкм. При проведении эксперимента участок подложки с частицами сканировался пучком электронов. Острие кантилевера атомно-силового микроскопа, незаземленно прикрепленного к игле микроманипулятора, вводилось в область сканирования. При приближении острия кантилевера к частице наблюдалось ее перемещение на острие. После этого, подхваченную частицу становилось возможным перемещать и контролируемо сбрасывать в произвольном месте (некоторые результаты представлены на рис. 1).

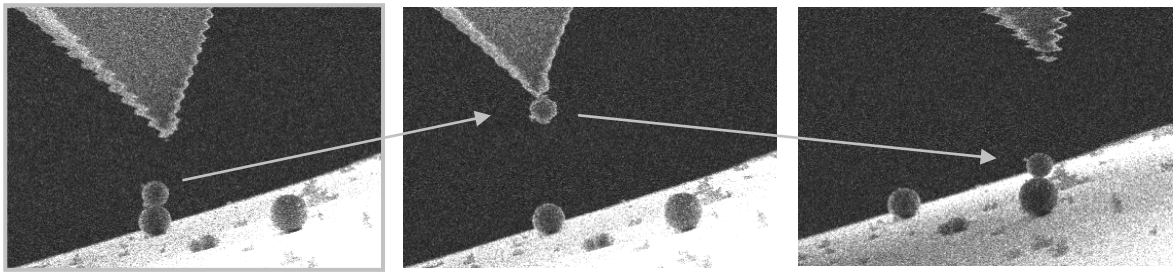
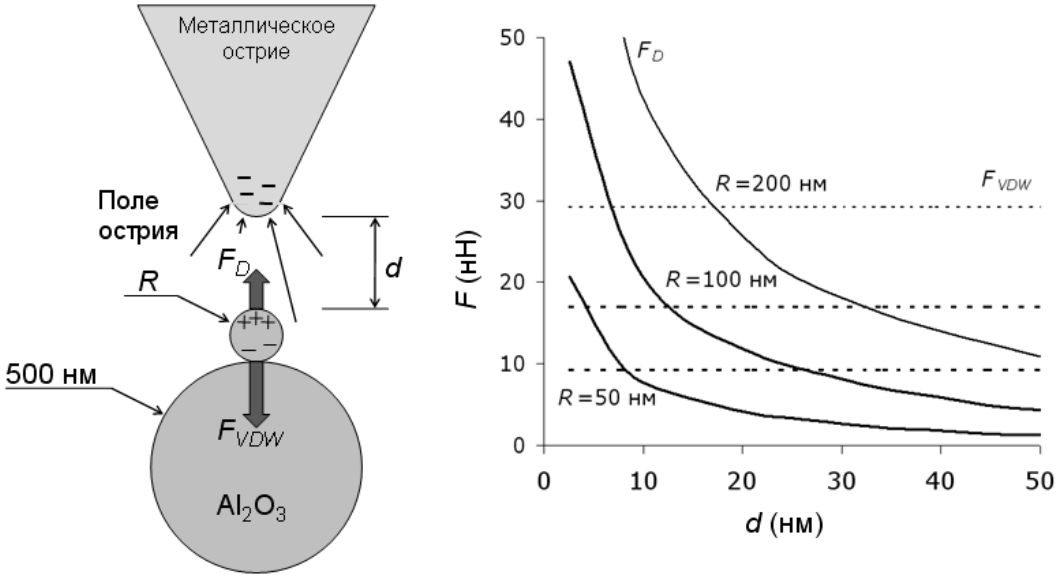


Рис. 1. Манипулирование сферическими частицами Al_2O_3 диаметром 500 нм

Для анализа полученных экспериментальных результатов по перемещению частиц в ходе работы была создана математическая модель. Согласно этой модели, частица удерживается на подложке (или поверхности другой частицы) посредством ван-дер-ваальсовой силы. Незаземленное металлизированное острие заряжается под действием электронного пучка и создает градиентное электростатическое поле. Величина напряженности поля ограничена вследствие стекания заряда с острия в результате автоэлектронной эмиссии. Электростатическое поле острия поляризует частицу и притягивает ее на острие за счет возникновения диэлектрофоретической силы. Ван-дер-ваальсовая сила F_{VDW}, действующая между частицами, была рассчитана согласно формулам, представленным в работе [4]. Расчет электростатического поля вокруг острия был выполнен с помощью метода конечных элементов с учетом

коэффициента поглощения электронов и автоэлектронной эмиссии. Расчеты показали, что при расстоянии между острием и частицей менее 20 нм диэлектрофоретическая сила, создаваемая заряженным острием, превосходит ван-дер-ваальсовую силу, удерживающую частицу, и в этом случае частица притягивается на острие (рис. 2, б). Это хорошо согласуется с наблюдаемым в эксперименте взаимодействием.



а б

Рис. 2. Модель подхвата сферической частицы Al_2O_3 радиусом от 50 до 200 нм с поверхности более крупной частицы Al_2O_3 радиусом 500 нм (а). Результаты вычислений диэлектрической силы и силы Ван-дер-Ваальса (б)

Также в работе было показано применение исследованного метода для создания специализированных зондов для сканирующей зондовой микроскопии. Созданным зондом были успешно просканированы тестовая решетка и биологический образец. Представленный метод может быть использован для создания устройств на основе сборок микро- и наночастиц, для изучения и оценки сил взаимодействия между частицами и между частицами и подложкой.

Литература

1. Kim S., Shafiei F., Ratchford D., Li X. Controlled AFM manipulation of small nanoparticles and assembly of hybrid nanostructures // Nanotechnology. – 2011. – V. 22. – P. 115301.
2. Nakazato Y., Yuasa T., Sekine G., Miyazawa H., Jin M., Takeuchi S., Ariga Y., Murakawa M. Micromanipulation system using scanning electron microscope // Microsyst Technol. – 2009. – V. 15. – P. 859–864.
3. Zheng H., Mirsaidov U.M., Wang L.-W., Matsudaira P. Electron beam manipulation of nanoparticles // Nano Lett. – 2012. – V. 12. – P. 5644−5648.
4. Hamaker H.C. The London-Van Der Waals attraction between spherical particles // Physica. – 1937. – V. 4. – № 10. – P. 1058–1072.

Коннов Кирилл Александрович
Год рождения: 1991
Факультет инфокоммуникационных технологий,
кафедра световодной фотоники, группа № 6951
Направление подготовки: 210700 – Оптические системы и сети связи
e-mail: konnov-kirill@rambler.ru

УДК 681.7.063

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПОИСК ПУТЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЗАПИСИ ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК KrF ЭКСИМЕРНЫМ ЛАЗЕРОМ

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

В настоящее время на смену традиционным измерительным системам пришли волоконно-оптические комплексы аналогичного назначения, которые выгодно отличаются точностью проводимых измерений, технологичностью и стоимостью производства. Запись волоконных решеток Брэгга является неотъемлемым технологическим процессом при создании чувствительных элементов для целого ряда волоконно-оптических сенсорных систем.

В работе приводятся результаты исследования процесса записи волоконных брэгговских решеток одиночным импульсом KrF эксимерного лазера методом фазовой маски и реализованы основные этапы по созданию установки для получения решеток показателя преломления в оптическом волокне в интерферометре Тальбота. Также, проведено исследование влияния положения цилиндрической линзы в плечах интерферометра Тальбота на получаемую интерференционную картину.

Основной **целью работы** являлся поиск путей оптимизации параметров записи волоконных брэгговских решеток KrF эксимерным лазером.

Рис. 1. Установка для записи волоконных брэгговских решеток методом фазовой маски

Для достижения стабилизации записи волоконных брэгговских решеток методом фазовой маски (фотографическое изображение установки представлено на рис. 1) были проведены исследования параметров излучения генерируемого KrF эксимерным лазером. Было выяснено, что излучение является преимущественно не поляризованным. Данный факт может существенно влиять на контрастность интерференционной картины, производящей модуляцию показателя преломления в сердцевине оптического волокна, что существенно отразится на характеристиках записываемых волоконных брэгговских решеток [1]. Отклонения энергии излучения лазера от импульса к импульсу являются незначительными. Стоит учитывать тот факт, что запись волоконных решеток Брэгга типа II является пороговой по отношению к энергии записывающего излучения, поэтому даже ее малая нестабильность может существенно повлиять на получаемые решетки показателя преломления [2]. Характеристики временного фронта импульса излучения существенно отличаются от заявленных производителем эксимерного лазера. Пространственное распределение энергии в пучке является неравномерным. Данный факт оказывает влияние на характеристики записываемых волоконных брэгговских решеток в связи со сложностями повторения положения оптического волокна относительно фазовой маски и пучка излучения. Исходя из вышесказанного, следует, что необходимо создать систему контроля положения волоконного световода в пучке излучения на основе цифровых камер. Для получения более высокого контраста интерференционной картины для записи волоконных брэгговских решеток необходимо использовать преимущественно поляризованное излучение. Также для получения решеток показателя преломления имеет смысл применять лазерную систему с большей стабильностью энергии от импульса к импульсу.

Необходимо учитывать недостатки и самой схемы записи волоконных брэгговских решеток методом фазовой маски. Недостатками данного метода являются необходимость удаления защитного покрытия световода, непосредственный контакт волокна и фазовой маски, что как следствие приводит к невозможности использования данной схемы для записи решеток показателя преломления в процессе вытяжки оптического волокна. Период записываемых структур изменяется подбором соответствующей фазовой маски, что также усложняет процесс создания решеток.

Запись волоконных брэгговских решеток в интерферометре Тальбота исключает недостатки метода фазовой маски, приведенные выше. В ходе выполнения работы проведены основные этапы по созданию установки такого типа. Для реализации данной схемы записи были подобраны необходимые элементы с учетом особенностей данного метода записи решеток показателя преломления. Далее проведен расчет взаимного расположения компонентов схемы, используя основные законы геометрической оптики, тригонометрии, и учитывая габариты подобранного оборудования. Проведено трехмерное моделирование установки для записи волоконных решеток Брэгга в интерферометре Тальбота. Также создано программное обеспечение, позволяющее производить синхронное управление оборудованием и автоматический расчет положения элементов схемы в зависимости от необходимых параметров записываемых решеток показателя преломления. На рис. 2 представлено фотографическое изображение установки для записи волоконных брэгговских решеток в интерферометре Тальбота, реализованной в лабораторных условиях.

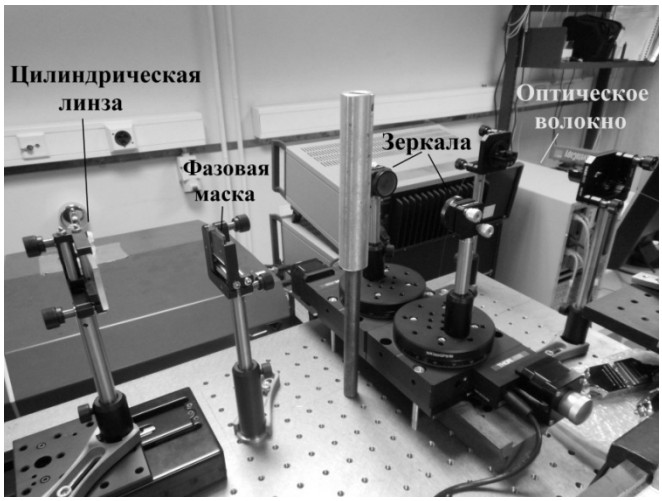
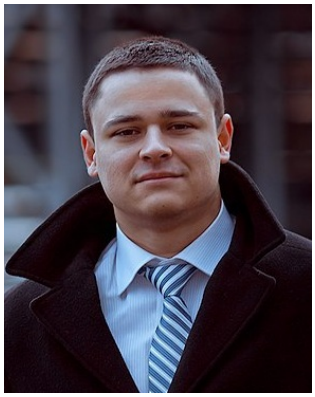


Рис. 2. Установка записи волоконных брэгговских решеток интерферометрическим методом

Таким образом, в ходе работы найдены пути оптимизации записи волоконных брэгговских решеток методом фазовой маски KrF эксимерным лазером. Также была реализована установка для записи решеток показателя преломления в интерферометре Тальбота.

Литература

1. Kristensen M. Bragg Gratings White Paper // Ibsen Photonics. – 2005. – P. 15–20.
2. Васильев С.А., Медведков О.И., Королев И.Г., Божков А.С., Курков А.С., Дианов Е.М. Волоконные решетки показателя преломления и их применение // Квантовая электроника. – 2005. – Т. 35. – № 12. – С. 1085–1103.



Левин Михаил Константинович
Год рождения: 1990
Гуманитарный факультет, кафедра прикладной экономики и маркетинга, группа № 6074
Направление подготовки: 080500 – Бизнес-информатика
e-mail: lmk230690@gmail.com

УДК 338.242.2

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

М.К. Левин
Научный руководитель – д.э.н., профессор О.В. Васюхин

Сегодня крайне остро стоит проблема низкого уровня конкурентоспособности отечественных научных разработок. Это обусловлено тем, что конкурентоспособности, как характеристике научно-технической продукции практически не уделяется внимания. Это связано со сложностью механизма анализа и оценки уровня конкурентоспособности научно-технической продукции. Количество, качество научно-

технической продукции и ее конкурентоспособность напрямую не зависят ни от объема инвестиций в науку, ни от времени и трудозатрат, необходимых на ее создание. Оценка уровня конкурентоспособности научно-технической продукции – сложный, но важный и необходимый этап в деятельности любого предприятия, так как повышение уровня конкурентоспособности научно-технической продукции приводит к повышению уровня конкурентоспособности всего предприятия.

Проблемы анализа понятия «конкурентоспособность» не новы. Общие теоретические вопросы в области изучения конкуренции, конкурентоспособности и менеджмента получили отражение в работах зарубежных и отечественных ученых – экономистов: М.Э. Портера, А.А. Томпсона, А.Е. Карлика, Х.А. Фасхиева, А.Н. Петрова, Ю.М. Неруша, О.В. Васюхина, В.И. Степанова, Н.К. Моисеевой и Т.Р. Адриановой, Ф. Котлера, Е.Н. Голубкова, Д.Дж. Бауэрсокса, Г.Л. Багиева, Я. Деккера, П. Дойля, Б.Г. Мазмановой и др.

Вместе с тем, несмотря на большое количество исследований и публикаций, относящихся к решению проблемы управления конкурентоспособностью объектов и систем, практически отсутствуют методологические и методические рекомендации применительно к оценке уровня конкурентоспособности в сфере научно-технической продукции. В связи с этим тема данной работы является весьма актуальной и своевременной.

Целью работы являлся анализ методологических подходов и методических основ анализа и оценки конкурентоспособности научно-технической продукции на примере опытного образца прибора спектральной оптической когерентной микроскопии (ОКМ).

Для достижения этой цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. проанализирован рынок спектральной ОКМ;
2. исследованы критерии и факторы конкурентоспособности на рынке научно-технической продукции;
3. проанализированы существующие методики анализа и оценки уровня конкурентоспособности научно-технической продукции;
4. исследована взаимосвязь влияния цены на уровень конкурентоспособности научно-технической продукции;
5. произведен сравнительный анализ методов ценообразования;
6. разработан методологический подход к ценообразованию научно-технической продукции;
7. произведен расчет цены опытного образца прибора спектральной ОКМ;
8. разработаны методологические основы анализа и оценки конкурентоспособности научно-технической продукции;
9. произведен расчет уровня конкурентоспособности опытного образца прибора спектральной ОКМ;
10. даны рекомендации по повышению уровня конкурентоспособности научно-технической продукции в Российской Федерации.

Предмет настоящего исследования – методология и методика анализа и оценки уровня конкурентоспособности различных объектов и систем.

Объект исследования – инновационная разработка в сфере спектральной ОКМ (опытный образец прибора спектральной ОКМ).

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографического списка.

Во введении дается обоснование актуальности выбранной темы работы, определяется цель и задачи исследования, а также предмет и объект разработки.

В первой главе работы рассматриваются особенности научно-технической продукции, ее классификация, источники информации, необходимые для анализа

рынка научно-технической продукции. Дана оценка и рекомендации по поиску информации для анализа рынка научно-технической продукции. Приводятся основные термины и положения спектральной ОКМ. Проведен анализ рынка научно-технической продукции на основе вторичной информации и на основе полевых исследований на примере рынка спектральной ОКМ. Обоснованы наиболее приоритетные направления для входа на рынок с инновационным прибором – объектом исследования. Дан прогноз потребности рынка в инновационной разработке.

Во второй главе работы рассматривается роль конкуренции в современной экономике. Даны определения конкуренции и конкурентоспособности. Проанализированы формы и виды конкуренции применительно к различным типам рынков. Рассмотрена конкурентоспособность товара (продукции). Рассмотрены методы оценки конкурентных преимуществ и методологические основы анализа и оценки уровня конкурентоспособности различных экономических объектов. Выявлены и приведены особенности анализа и оценки уровня конкурентоспособности научно-технической продукции.

Третья глава работы раскрывает процесс ценообразования научно-технической продукции. Рассмотрены различные методики ценообразования. Проведен сравнительный анализ методов ценообразования с целью выбора оптимального набора методов, применимых для расчета цены научно-технической продукции. Приведены этапы формирования цены и факторы, влияющие на ее уровень. Произведена классификация ценообразующих факторов. Обоснованы теоретические подходы к расчету цены научно-технической продукции. Проанализирована взаимосвязь между ценой и конкурентоспособностью объекта. Выбран метод расчета цены, наиболее применимый к спектральной ОКМ. Произведен расчет цены опытного образца прибора спектральной ОКМ

Четвертая глава работы посвящена анализу и оценке уровня конкурентоспособности научно-технической продукции на примере конкретного прибора спектральной ОКМ. Выбрана группа методов, необходимых для оценки уровня конкурентоспособности научно-технической продукции. Произведен расчет уровня конкурентоспособности научно-технической продукции. В данной главе применены на практике методики анализа и оценки уровня конкурентоспособности научно-технической продукции. Также даны рекомендации и направления по повышению уровня конкурентоспособности научно-технической продукции.

В заключении приведены основные выводы и результаты исследования. Даны рекомендации и направления повышения уровня конкурентоспособности научно-технической продукции в России.

Литература

1. Васюхин О.В., Левин М.К., Цуканова О.А. Проблемы анализа рынка научно-технической продукции // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.science-education.ru/pdf/2013/2/466.pdf, своб.
2. Васюхин О.В., Левин М.К. Сравнительный анализ методов ценообразования инновационной продукции // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.science-education.ru/pdf/2014/2/566.pdf, своб.
3. Котлер Ф., Армстронг Г. Основы маркетинга. – 9-е изд. / Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2003. – 1200 с.

4. Котлер Ф. Маркетинг менеджмент: анализ, планирование, внедрение, контроль / Пер. с англ.: М. Бугаев и др. – 2-е изд., испр. – СПб: Питер Ком, 1999.– 887 с.
5. Костин И.М., Фасхиев Х.А. Измерение конкурентоспособности предприятий // Тезисы докладов Международной научно-практической конференции «Менеджмент организации XXI века». – 2001. – С. 115–117.
6. Кротков А.М., Еленева Ю.Я. Конкурентоспособность предприятия: подходы к обеспечению, критерии, методы оценки // Маркетинг в России и за рубежом. – 2001. – № 6. – С. 59–68.
7. Кутин А.А., Ползунова Н.Н. Модель взаимосвязи конкурентоспособности станкостроительной продукции и методов управления предприятием // Вестник машиностроения. – 1999. – № 2. – С. 41–44.
8. Куярова М.А., Пономарев И.П. Исследование востребованности маркетинговых услуг со стороны среднего бизнеса // Маркетинг в России и за рубежом. – 2004. – № 1. – С. 42–57.
9. Ламбен Ж.Ж. Стратегический маркетинг. Европейская перспектива / Пер. с фран. – СПб: Наука, 1996. – 589 с.
10. Михеева С.В. Формирование методических основ оценки конкурентоспособности промышленных предприятий и отраслей. Автореферат на соискание уч. степени к.э.н. – Екатеринбург: УрГУ, 2004. – 19 с.
11. Павлова Е.А., Сушилова Ю.Н. Концептуальные основы обеспечения конкурентоспособности предприятия // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2010. – № 6 (70). – С. 117–120.
12. Сушилова Ю.Н. Методологические основы определения конкурентоспособности предприятия // Дискуссия теоретиков и практиков: сборник научных трудов. – 2010. – Вып. 2. – С. 233–237.
13. Сушилова Ю.Н. Методология оценки конкурентоспособности товара // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2010. – Вып. 11. – С. 268–271.
14. Сушилова Ю.Н. Конкурентоспособность как показатель развития экономической системы // Международный журнал экспериментального образования. – 2010. – Вып. 11. – С. 227–231.
15. Сушилова Ю.Н. Теоретические основы обеспечения конкурентоспособности промышленного предприятия. – СПб: ООО Изд-во «Герда», 2009. – 39 с.
16. Фатхутдинов Р.А. Конкурентоспособность организации в условиях кризиса: экономика, маркетинг, менеджмент. – М.: Маркетинг, 2002. – 892 с.
17. Целикова Л.В. Целикова Л.В. Конкурентоспособность субъектов рынка и механизмов ее оценки // Вестн. Моск. ун-та. – 2000. – № 2. – С. 57–67.

Левина Маргарита Игоревна
Год рождения: 1990
Гуманитарный факультет, кафедра прикладной экономики и маркетинга, группа № 6074
Направление подготовки: 080100 – Бизнес-информатика
e-mail: rita-pony@mail.ru

УДК 338.242.2

МЕТОДИКИ И ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМИ РИСКАМИ

М.И. Левина
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.Ю. Петров

С развитием Internet-технологий и электронной коммерции с каждым днем появляется все больше угроз безопасности информации. Сегодня организации все чаще используют информацию в бизнес-процессах для облегчения управленческих решений и ведения бизнеса. Зависимость от информации в бизнес-среде крайне велика, где множество торговых операций осуществляется в электронном виде через Internet. Такая информационная зависимость привела к существенному увеличению влияния уровня безопасности информационных систем на успех, а иногда и просто на возможность ведения бизнеса. В этой связи безопасность информационных систем (ИС) является одним из важнейших вопросов, который привлекает большое внимание со стороны аналитиков, инженеров и других специалистов в области информационной безопасности. В настоящее время управление информационными рисками представляет собой одно из наиболее актуальных и динамично развивающихся направлений стратегического и оперативного менеджмента в области защиты информации. Его основная задача – объективно идентифицировать и оценить наиболее значимые для бизнеса информационные риски компании, а также адекватность используемых средств контроля рисков для увеличения эффективности и рентабельности экономической деятельности компании.

Пока еще не создана концепция управления информационными рисками, в которой бы с системных позиций рассматривались все составляющие качества и безопасности информации, влияющие на эффективность ее использования в бизнес-процессах.

Существующие методы и средства анализа информационных рисков не объединены в рамках единой методологии, и могут применяться, как правило, только для исследования отдельных вопросов безопасности и качества информации. Не уделяется должного внимания использованию методов мягких вычислений для решения проблем анализа и синтеза систем управления информационными рисками.

В настоящий момент уделяется много внимания проблемам оценки и управления информационными рисками, что говорит об актуальности данной темы.

Цель работы заключалась в разработке методологического подхода управления, анализа и оценки информационных рисков при внедрении ИС.

Для достижения поставленной цели в работе были решены следующие задачи:

- дать определения основных понятий информационных рисков, целей и задач информационного риск-менеджмента, обоснование структуры информационного риск-менеджмента;
- проанализировать взаимосвязь информационных и экономических рисков;
- сформулировать цели, задачи и стратегии управления информационными рисками, формирование методологических принципов анализа и создания систем управления информационными рисками;
- произвести классификацию и характеристику механизмов управления информационными рисками предприятия;
- разработать методы и модели выбора механизмов управления информационными рисками и подсистем информационной системы;
- произвести структуризацию расходов и определение полных расходов предприятия на управление информационными рисками.

Объектом исследования является процесс управления информационными рисками.

Предметом исследования являются методы и модели управления информационными рисками.

В первой главе работы рассматриваются такие понятия как информационные системы, информационный риск. Рассмотрены пути воздействия информационных рисков на процесс функционирования предприятия. Рассмотрены и проанализированы существующие классификации угроз информационной безопасности, которые разделяются по виду, характеру воздействия и источникам и объектам угроз. Выделены стандарты, нормативные документы в области управления и оценки рисков информационной безопасности. Определены основные задачи оценки и управления информационными рисками.

Во второй главе работы рассматриваются методы по анализу и оценке информационных рисков. Рассмотрен качественный и количественный анализ информационных рисков. Выявлены основные этапы процесса оценки информационных рисков (определение характеристик ИС; идентификация уязвимостей; идентификация угроз; анализ контроля безопасности; определение вероятностей; анализ воздействий; определение рисков; рекомендуемые контрмеры; оформление итоговых документов).

Третья глава работы раскрывает разнообразные подходы к управлению информационными рисками. Произведен выбор инструментальных средств управления рисками, такие как OCTAVE, CRAMM, COBRA. Проанализированы недостатки и ограничения программных продуктов.

Четвертая глава работы посвящена анализу расходов на управление информационными рисками. Рассмотрены финансовые методы управления информационными рисками предприятий и учет расходов на управление информационными рисками.

В заключении приведены основные выводы и результаты исследования.

Литература

1. Авдошин С.М., Песоцкая Е.Ю. Информатизация бизнеса. Управление рисками. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 176 с.
2. Астахов А.М. Искусство управления информационными рисками. – М.: ДМК-Пресс, 2010. – 312 с.
3. Варфоломеев А.А. Управление информационными рисками. Учеб. пособие. – М.: РУДН, 2008. – 158 с.

4. Герасименко В.А., Малюк А.А. Основы защиты информации. – М.: МИФИ, 1997. – 537 с.
5. Галатенко В.А. Основы информационной безопасности. Курс лекций. – М.: ИНТУИТ. РУ, 2006. – 205 с.
6. Девянин П.Н., Михальский О.О., Правиков Д.И., Щербаков А.Ю. Теоретические основы компьютерной безопасности. – М.: Радио и связь, 2000. – 192 с.
7. Ермасова Н.Б. Риск-менеджмент организации. – М.: Альфа-Пресс, 2005. – 240 с.
8. Золотарев, В.В., Данилова Е.А. Управление информационной безопасностью. Часть 1. Анализ информационных рисков. – Красноярск, 2010. – 136 с.
9. Завгородний В.И. Информационные риски: сущность, концепция управления. М.: Экономика, 2007. – 174 с.
10. Зима В.М., Молдовян А.А., Молдовян Н.А. Безопасность глобальных сетевых технологий. – 2-е изд. – СПб: БХВ-Петербург, 2000. – 320 с.
11. Зегжда Д., Ивашко А.М. Основы безопасности информационных систем. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 452 с.
12. Каменская Н.Ю. Оценка, анализ и управление рисками. Учебное пособие для студентов. – Новосибирск: НФ РАП, 2008. – 84 с.
13. Лапуста М.Г., Шаршукова Л.Г. Риски в предпринимательской деятельности. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 238 с.
14. Нестеров С.А., Петренко С.А. Программные средства анализа информационных рисков компании // Экспресс-электроника. – 2007. – № 10. – С. 84–86.
15. Петров В.Ю., Левина М.И. Анализ рисков внедрения информационных систем // Труды гуманитарного факультета НИУ ИТМО. Сб. научных статей. – 2013. – С. 102–107.
16. Петренко С.А., Симонов С.В. Управление информационными рисками. Экономически оправданная безопасность. – М.: Компания АйТи; ДМК Пресс, 2011. – 384 с.
17. Плетнев П.В., Белов В.М. Методика оценки рисков информационной безопасности. – Новосибирск: СибГУТИ, 2012. – 83 с.
18. Пономарев А.А. Оценка и управление рисками информационных систем. – Ижевск: Вестник Удмуртского университета, 2007. – 12 с.
19. Петренко С.А., Курбатов В.А. Политики информационной безопасности. – М.: Компания АйТи, 2008. – 400 с.
20. Тихонов В.А., Райх В.В. Информационная безопасность: концептуальные, правовые, организационные и технические аспекты. Учебное пособие. – М.: Гелиос АРВ, 2006. – 528 с.

Леонтьева Алена Игоревна
Год рождения: 1991
Факультет фотоники и оптоинформатики,
кафедра компьютерной фотоники и видеоинформатики,
группа № 6320
Направление подготовки: 200400 – Оптотехника
e-mail: alenka_leontieva@mail.ru

УДК 681.7.028

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА КОНСТРУКЦИЙ ЛИНЗОВО-ЗЕРКАЛЬНЫХ СИСТЕМ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

А.И. Леонтьева
Научный руководитель – д.т.н., профессор С.М. Латыев

В работе обоснована необходимость упорядоченного подхода к решению многочисленных задач юстировки (центрирования) оптических систем, содержащих линзовые компоненты, разделенные плоскими зеркалами и призмами. Это открывает возможность осуществлять проектирование узлов линзово-зеркальных систем оптических приборов (ЛЗС ОП), технологичных в сборке, и разработку методик их юстировки системно и целенаправленно, не прибегая к привлечению для этой работы специалистов высокой квалификации, с минимальным риском допускать при проектировании ошибки.

Этой цели призвана служить разработанная в данной работе методика структурного анализа конструкций ЛЗС ОП. С целью расширения возможностей данной методики и повышения ее эффективности в работе проведены теоретические и экспериментальные исследования, связанные с определением влияния погрешностей базирования узлов плоских зеркал, а также призм типа БП и БУ на отклонение пучков лучей и поворот плоскости изображения вокруг осевого луча.

При решении задач юстировки оптических систем, содержащих плоские зеркала, – назначении подвижек, определении баз и допусков базирования – важно знать влияние поворотов зеркал на плоскости базирования узлов, т.е. конструкторской базе (КБ), на отклонение осевого луча и наклон изображения в зависимости от выбора схемы и характеристики базирования. С применением векторно-матричного метода в работе было выполнено исследование различных схем базирования зеркала. Результаты сведены в таблицу, где представлено восемь вариантов возможных схем базирования узлов, объединенных в четыре группы. Отличительным признаком каждой группы узлов является характер пространственного расположения КБ по отношению к плоскости падения (ПП) осевого луча или к отражающей плоскости зеркала (ОПЗ). Характеристика каждого из восьми вариантов схем базирования дана в предпоследнем столбце таблицы.

Для подтверждения полученных результатов было проведено экспериментальное подтверждение зависимости, описывающей влияние поворота узла «зеркало в оправе» на плоскости базирования – на отклонение осевого луча и поворот плоскости изображения.

Для эксперимента было взято зеркало, плоскость базирования которого наклонена к плоскости падения осевого луча «произвольно», первый общий случай базирования.

Кроме того была проведена экспериментальная оценка влияния погрешности углового базирования призмы типа БП-90° на отклонение лучей с использованием

современных методов и средств исследований и сравнение полученных результатов с теоретическими данными. Эксперимент проводился Техническим университетом Ильменау в Германии. Для поворота призмы использовался гексапод, изображение пучка лучей регистрировала камера с матрицей КМОП. В программе MATLAB был проведен анализ полученных изображений.

Решению нетривиальных задач проектирования и юстировки узлов оптических приборов, содержащих плоские зеркала и призмы, разделяющие линзовые компоненты оптической системы, могла бы способствовать методика структурного анализа линзово-зеркальных систем (ЛЗС), основные положения которой приводятся ниже. В задачи такой методики входило бы:

- выявление баз и требований взаимного расположения базирующих поверхностей, определяющих центрирование схемных элементов оптической системы, а также выполнение требований внешнего базирования конструкции юстируемого узла, вытекающих из условий связи данного узла с другими узлами изделия;
- определение юстировочных подвижек, предназначенных для устранения тех составляющих деюстировки (или погрешностей внешнего базирования), которые не могли быть ограничены установлением допусков расположения поверхностей;
- определение последовательности операций юстировки.

Методика структурного анализа должна:

1. учитывать виды относительных движений (подвижек) линзовых компонентов, сопрягаемых посредством плоских зеркал или призм, а также собственные юстировочные подвижки последних;
2. учитывать свойства зеркально-призменных систем (ЗПС), их инвариантность и действенные подвижки;
3. выявлять как недостающие, так и избыточные подвижки схемных элементов;
4. учитывать характер базирования линзовых компонентов и ЗПС;
5. учитывать требования внешнего базирования сборочных единиц – межузловые связи.

Методика структурного анализа разрабатывается на основе следующих положений:

1. каждый центрируемый компонент оптической системы рассматривается как твердое тело, обладающее шестью степенями свободы перемещения относительно неподвижного корпуса (базовой детали), если на эти перемещения не наложены ограничения;
2. разъюстировка центрируемого линзового компонента рассматривается как совокупность малых отклонений – сдвигов и наклонов его вдоль и вокруг осей прямоугольной системы координат *XYZ*, связанной с базовым компонентом системы или базовыми элементами конструкции. В общем случае разъюстировка характеризуется шестью составляющими: сдвигами – ΔX, ΔY, ΔZ и наклонами – φX, φY, φZ;
3. взаимную деюстировку двух линзовых компонентов системы, разделенных ЗПС, рассматривают при выпрямленном ходе лучей. Для этого один из компонентов системы выбирают в качестве базового и связывают с ним систему координатных осей *XYZ*, а другой компонент изображают в ЗПС (в прямом или обратном ходе лучей) и оценивают составляющие деюстировки ΔX, ΔY, ΔZ, φX, φY, φZ, вызванные не только погрешностями базирования этого линзового компонента, но и погрешностями установки ЗПС, изображающей этот компонент;
4. юстировочные подвижки зеркал и призм рассматривают в системе координатных осей, связанных с плоскостью базирования этих узлов, если в качестве юстировочных подвижек выбраны подвижки на базе. Если же для юстировки зеркал

конструкцией предусмотрены регулировочные устройства, то подвижки таких зеркал рассматривают в основной системе координатных осей $X_0 Y_0 Z_0$, ось Z_0 которой направлена по нормали к отражающей плоскости зеркала, а ось X_0 – перпендикулярно плоскости падения осевого луча;

5. необходимый для выполнения юстировки диапазон регулировочных подвижек обеспечен конструктивно-рациональной простановкой размеров и заданием соответствующих допусков на составляющие звенья размерных цепей, отсутствием грубых ошибок.

Для решения основных задач структурного анализа – выявления баз и требований взаимного расположения базирующих поверхностей, а также определения юстировочных подвижек – нужно, прежде всего, установить общее число подвижек центрируемых линзовых компонентов и ЗПС, а также соответствие их устраняемым погрешностям юстировки. Это удобно сделать с помощью специально разработанной структурной таблицы.

Схема и структурные параметры конструкции узла (группы)	Характер погрешности взаимного расположения линзовых компонентов и соответствующая этой погрешности деюстировка			Наличие подвижек у центрируемых линзовых компонентов и ЗПС, их соответствие устраняемым погрешностям			Способ устранения деюстировки линзовых компонентов	Характер подвижек оптических элементов, способных повлиять на условия их внешнего базирования		Способ выполнения требований внешнего базирования оптических элементов			Необходимость ограничения допуска на взаимное расположение баз или введение пригонки	Не используемые регулировки	Последовательность общей юстировки (базирования) элементов оптической системы			
				I	3_1	II	I - II			I	II	3_2			I	3_1	II	3_2
1	2			3	4	5	6	7		8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Сдвиги	ΔX						Сдвиги вдоль осей	X									
		ΔY							Y									
		ΔZ							Z									
	Повороты	φX						Повороты вокруг осей	X/X_0									
		φY							Y/Y_0									
		φZ							Z									

Рис. 1. Устройство и содержание столбцов таблицы для структурного анализа конструкций ЛЗС оптических

Таблица (рис. 1) состоит из четырех частей. В первой ее части приводится схема и структурные параметры анализируемой конструкции, т.е. исходные данные для структурного анализа. Они включают в себя: базы основные, определяющие связь данного узла с другими устройствами (узлами, частями) прибора; базы сопряженные, определяющие положение узлов центрируемых оптических элементов, а также их характеристики; собственно центрируемые линзовые компоненты и зеркала (призмы) с указанием предусмотренных конструкцией юстировочных подвижек. Для различения функций КБ, основная КБ на схеме обозначается прописной буквой А русского алфавита, а сопряженные КБ (ГОСТ 21495-76 «Базирование и базы в машиностроении» определяет их как вспомогательные) прописными буквами Б, В, Г и т.д.

Во второй части таблицы в системе координатных осей базового компонента приводятся все составляющие погрешности взаимного расположения компонентов. Этим составляющим погрешности расположения ставятся в соответствие погрешности юстировки: дц.1р и дц.2р – децентрировки 1-го и 2-го рода соответственно [1], рф. – расфокусировка, а ндств. – означает, что подвижка недейственна. Кроме того, в этой части таблицы для каждого оптического элемента указываются подвижки, реализуемые данной конструкцией – сдвиги и повороты. И, наконец, в последнем столбце второй части таблицы осуществляется отбор подвижек для устранения взаимной деюстировки линзовых компонентов. В третьей части таблицы анализируется решение задачи обеспечения требований внешнего базирования оптических элементов. Приводимые здесь подвижки, способные повлиять на условия их внешнего базирования,

рассматриваются в системе координатных осей базовой детали (корпуса). Наконец, в последней части таблицы приводится оптимальная последовательность юстировки (базирования) оптических элементов [2].

При определении последовательности общей юстировки узла руководствуются следующими положениями.

1. В первую очередь подлежат установке те элементы конструкции (оправы, кронштейны), из которых на время юстировки можно легко удалить линзовые компоненты, и которые на последующих этапах юстировки могут выполнять функцию измерительных баз, обеспечивая наиболее простую технологию контроля. Для установки этих элементов требуется лишь поворот на базе в пределах зазоров при крепежных винтах.
2. В последнюю очередь выполняются наиболее тонкие операции юстировки, которые являются независимыми, т.е. не вызывают нарушений взаимного расположения схемных элементов, обеспеченного ранее.
3. При выполнении юстировочных подвижек оптического элемента на плоскости базирования поворот узла должен предшествовать поступательным его сдвигам. Независимый характер осуществления последних может быть обеспечен с помощью съемных вспомогательных направляющих.

Структурный анализ с помощью такой таблицы становится понятным и доступным в процессе решения конкретных примеров.

Далее в работе была приложена методика структурного анализа конструкций ЛЗС к решению задач проектирования и юстировки конкретных узлов. Первым примером был анализ конструкции узла проекционного устройства измерительного прибора. Прибор, в состав которого входит проекционное устройство, предназначен для полуавтоматического обмера снимков со следами траекторий элементарных частиц, получаемых с помощью пузырьковой камеры «Мирабель» в центре ядерных исследований в г. Дубна. В этом узле (рис. 2) объектив 6 проектирует с увеличением $V=-10^{\times}$ на экран изображение кадра пленки, отснятой аппаратом. Пленка располагается вблизи верхней поверхности коллектива 3 прямоугольной формы с размерами 120×65 мм. Светоделительная пластина 1 и зеркало 7, установленное за проекционным объективом 6, осуществляют разделение оптических ветвей и требуемую компоновку системы. Кронштейн 2 коробчатой формы является базовой, несущей деталью проекционного устройства, на которой установлены и закреплены все перечисленные выше узлы.

Основное требование к устройству: «Взаимный наклон и сдвиг оптических осей коллектива 3 и проекционного объектива 6 не должны превышать соответственно 5' (угловых минут) и 0,2 мм». Дополнительные требования (не указанные на чертеже) вытекают из условия базирования узла в приборе. Весь узел крепится к корпусу прибора торцевой плоскостью А и, таким образом, А – основная КБ узла. При этом и плоскость «А» и оптические оси обеих ветвей системы (за пластиной 1 – в проходящем свете – и зеркалом 7) занимают в приборе отвесное положение.

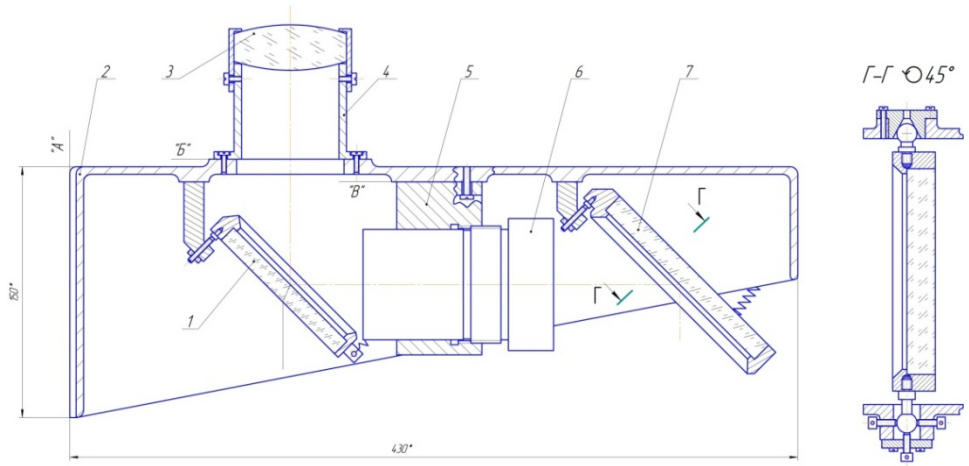


Рис. 2. Узел проекционного устройства прибора для полуавтоматического обмера снимков

В соответствии с разработанной методикой был проведен анализ данного узла и заполнена таблица для структурного анализа (рис. 3).

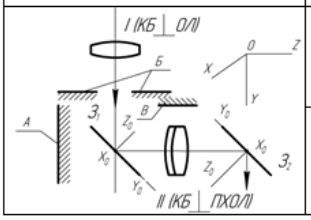
Схема и структурные параметры конструкции узла (группы)	Характер погрешности взаимного расположения линзовых компонентов и соответствующая этой погрешности деюстировка			Наличие подвижек у центрируемых линзовых компонентов и ЗПС, их соответствие устраняемым погрешностям			Способ устранения деюстировки линзовых компонентов	Характер подвижек оптических элементов, способных повлиять на условия их внешнего базирования		Способ выполнения требований внешнего базирования оптических элементов			Необходимость ограничения допуска на взаимное расположение баз или введение прокладки	Не используемые регулировки	Последовательность общей юстировки (базирования) элементов оптической системы			
				I	$З_1$	II	I - II			I	II	$З_2$			I	$З_1$	II	$З_2$
1	2			3	4	5	6	7		8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Сдвиги	ΔX	дц.2р	I		II	I	Сдвиги вдоль осей	X					II	5			
		ΔY	дц.2р	I			I		Y						5			
		ΔZ	рф.			II, II*	II*		Z					II			6	
	Повороты	φX	дц.1р		$З_1$		$З_1$	Повороты вокруг осей	X/X_0	●	●	$З_2$	I, II			2		3
		φY	дц.1р		$З_1$	II	$З_1$		Y/Y_0	I	II	$З_2$			4	2	1	3
		φZ	ндств.	I			-		Z	●			I					

Рис. 3. Таблица для структурного анализа узла проекционного устройства

Так же методика была приложена для анализа конструкции узла отсчетного микроскопа сферометра (рис. 4).

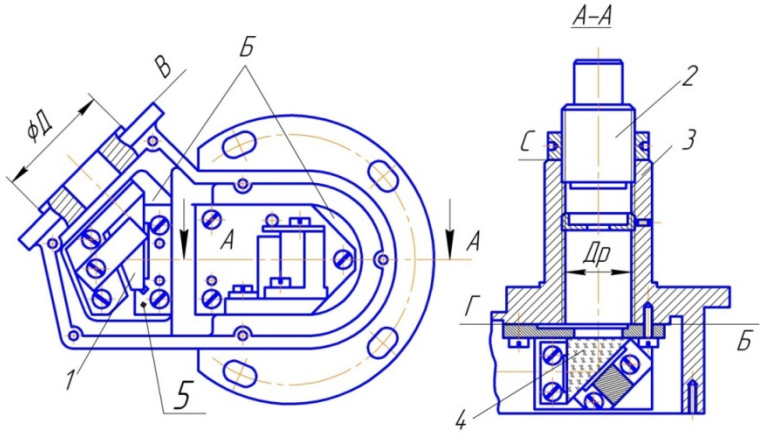


Рис. 4. Отсчетный микроскоп сферометра

В отсчетном микроскопе сферометра (рис. 4) объектив 2 пятикратного увеличения через прямоугольную призму 4 и полупентапризму 1 проецирует изображение штрихов миллиметровой шкалы (не показана), установленной в измерительном стержне (пиноли),

в плоскость сетки спирального окулярного микрометра (тоже не показан). Положение окулярного микрометра определяется плоскостью В и центрирующим пояском диаметром ØД малого фланца корпуса 3 микроскопа. Объектив 2 центрируется резьбовым отверстием Др и торцом С корпуса. Опорная плоскость Г оправы призмы 4 параллельна ее входной грани. Нижняя базовая плоскость призмы 1 перпендикулярна своим граням. Конструкторская база – плоскость Б, на которую устанавливаются обе призмы, перпендикулярна плоскости В и параллельна плоскости А (основная КБ) большого фланца корпуса 3, которым узел отсчетного микроскопа крепится на корпусе самого прибора – сферометра. Кроме того, ось резьбового отверстия Др перпендикулярна плоскости А, опорный торец С параллелен этой плоскости.

Основное требование к конструкции узла и методики его юстировки – обеспечение центрирования объектива 2 и спирального окулярного микрометра, а также устранение неперпендикулярности стеклянных плоскопараллельных разверток обеих призм к оптической оси системы микроскопа. Допустимые значения взаимного сдвига и наклона оптических осей линзовых компонентов системы примерно составляет 0,4 мм и 10' (угловых минут) – соответственно. Допуски получены из предположения, что смещение точки предмета с оптической оси микрообъектива (вызванное децентрировкой) на величину, равную 1/3 половины поля зрения – не ухудшит заметно качество изображения штрихов шкалы.

В качестве измерительных баз при контроле децентрировки системы – микрообъектив 2 – спиральный окулярный микрометр выступают: со стороны микрообъектива – резьбовое отверстие Др и плоскость С торца корпуса, а со стороны окулярного микрометра – плоскость В малого фланца и центрирующий цилиндрический поясок ØД.

К особенностям оптической схемы следует отнести:

- применение двух призм для осуществления требуемой компоновки, одна из которых БУ-45° обладает особыми свойствами, которые придется учесть при разработке методики юстировки;
- пространственный (не плоскостный) ход светового пучка, который исключает возможность компенсации погрешности установки одной из призм за счет подвижек другой призмы.

Для структурного анализа данного узла была составлена таблица (рис. 5), которая заполнялась в соответствии с разработанной методикой.

Характер погрешности взаимного расположения линзовых компонентов системы и соответствующая этой погрешности деюстировка			Характер погрешности расположений призмы $П_1$ и соответствующая этой погрешности деюстировка оптической системы		Характер погрешности расположений призмы $П_2$ и соответствующая этой погрешности деюстировка оптической системы		Наличие действенных подвижек у центрируемых линзовых компонентов и ЗПС, а также их соответствие устраняемым погрешностям (в системе осей XYZ)				Способ устранения деюстировки линзовых компонентов и призмы $П_2$		Характер подвижек элементов, способных повлиять на условия их внешнего базирования		Способы выполнения требования внешнего базирования оптич. эл-та	Последовательность общей юстировки (базирования) элементов оптической системы			
							I	II	$П_1$	$П_2$	I-II	$П_2$			II	I	II	$П_1$	$П_2$
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Сдвиги	ΔX	дц.2р	ΔX_1	дц.2р	ΔX_2	ндств.			$П_1$		$П_1$		Сдвиги вдоль осей	X				2	
	ΔY	дц.2р	ΔY_1	ндств.	ΔY_2	ΔМ-погр. масшт. изобр				$П_2$	$П_2$			Y					1
	ΔZ	ΔМ-погр. масшт.изобр	ΔZ_1	дц.2р	ΔZ_2	дц.2р	I*			$П_2$	I*	$П_2$		Z		3			1
Повороты	φX	дц.1р	φX_1	дц.1р	φX_2	НР-наклон развертки			$П_1$	$П_2$	$П_1$	$П_2$	Повороты вокруг осей	X				2	1
	φY	дц.1р	φY_1	дц.1р	φY_2	НИ-наклон изобр.					Ограничение допуска на расположение ОКБ, $П_1$ и $П_2$			Y					
	φZ	дц.1р	φZ_1	дц.1р	φZ_2	дц.1р						Огранич. допуска на располож. ОКБ		Z	II		4		

Рис. 5. Таблица для структурного анализа конструкции узла отсчетного микроскопа сферометра

Таблица структурного анализа (по форме) несколько отличается от таблицы предыдущего примера. Для удобства и наглядности введены столбцы 5–8, описывающие влияние погрешностей расположения призм $П_1$ и $П_2$ на деюстировку оптической системы. В последней строке 4 столбца взаимный разворот φZ двух компонентов – объектива и окулярного микрометра определен как недействительный, хотя подвижка сетки окулярного микрометра имеет два широких вертикальных штриха, между которыми в биссектор помещается штрих основной (миллиметровой) шкалы. Но ведь изображение штриха появится лишь тогда, когда мы установим отсчетный микроскоп на прибор или контрольно-юстировочную установку. Таким образом – это требование внешнего базирования.

В 8 столбце таблицы, в четвертой строке отмечено, что разворот φX_2 полупентапризмы на базе опасен лишь из-за наклона стеклянной развертки призмы к оси пучка.

Наличие в схеме призмы типа Б вызвало необходимость внесения дополнений в той части таблицы, где подытоживается «способ устранения деюстировки». В столбцах 13 и 14 показан не только способ устранения децентрировки 1 и 2 родов линзовых компонентов системы, но и дополнительных дефектов, таких как погрешность масштаба изображения ΔM , наклон развертки призмы (НР), наклон изображения (НИ). Здесь же в столбцах 13 и 14 отмечается необходимость ограничения допусков на взаимное расположение базовых поверхностей призм $П_1$ и $П_2$ – в условиях отсутствия действенных юстировочных подвижек. Заметим, что ранее, при описании конструкции сферометра, опережая результаты структурного анализа, было отмечено, что базовая, опорная поверхность призмы БУ-45° перпендикулярна своим рабочим граням, а опорная плоскость оправы прямоугольной призмы – параллельна грани призмы.

Литература

1. Погарев Г.В. Юстировка оптических приборов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1982. – 247 с.
2. Бурбаев А.М., Леонтьева А.И. Методика структурного анализа конструкций линзово-зеркальных систем оптических приборов // Оптический журнал. – 2013. – Т. 80. – № 12. – С. 87–92.
3. Бурбаев А.М. Отработка технологичности конструкций оптических приборов. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2004. – 95 с.

Лосев Сергей Владимирович
Год рождения: 1990
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра оптико-цифровых систем и технологий,
группа № 6122
Направление подготовки: 200400 – Оптотехника
e-mail: losevsergio26@gmail.com

УДК 535.31+53.072+62.51

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЦЕЛИ В ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ

С.В. Лосев
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.В. Демин

В работе рассмотрена возможность реализации алгоритма повышения обнаружительной эффективности авиационного теплопеленгатора путем адаптивной схемы управления коэффициентом правдоподобия в системе приема и преобразования информации на основе редуцированной характеристической функции спектрально-характеристической модели летательного аппарата (ЛА).

Наиболее перспективными системами поиска и обнаружения летательных аппаратов являются пассивные инфракрасные оптико-цифровые теплопеленгаторы (ОЦТ). Основными режимами работы авиационных ОЦТ являются:

- режим пассивного сканирования окружающего самолет пространства IRST;
- режим пассивного сканирования в фиксированной зоне FLIR.

В общем случае вероятность обнаружения объекта ($P_{об}$) определяется значением «сигнал/шум» (Ψ) на входе системы приема оптической информации (объектив и фотоприемное устройство) и выбранным критерием принятия решения ($\Re$) [1, 2]. Вероятность обнаружения объекта теплопеленгатором на равномерном фоне определяется соотношением

$$\begin{cases} P_{об} = \dfrac{1}{2}\left[1+\Phi\left(\Psi-\aleph\right)\right]; \\ \Psi = \dfrac{1,25\left|\Delta T_R\right|\tau_a \mu r n}{\Delta T_0}; n = \begin{cases} \dfrac{0,64hl}{q_0^2} \\ \dfrac{\sqrt{hl}}{q_0} \end{cases}. \end{cases} \quad (1)$$

При реальном ограничении на ΔT_0 возможно два пути повышения обнаружительной эффективности теплопеленгатора – либо за счет увеличения физической светосилы, либо за счет реализации адаптивной схемы обработки оптической информации. Увеличение физической светосилы фактически приводит к изменению массогабаритных параметров теплопеленгатора, а реализация в обнаружителе адаптивной обработки оптической информации может быть выполнена без изменения физической светосилы. Одна из возможных схем адаптивной обработки оптической информации – это реализация в обнаружителе теплопеленгатора алгоритма управления коэффициентом правдоподобия.

Основная **цель работы** заключалась в построении адаптивной схемы управления коэффициентом правдоподобия в обнаружителе на основе редуцированной характеристической функции спектрально-характеристической модели ЛА.

Определим спектрально-характеристическую модель ЛА как зависимость силы излучения, спектрального диапазона излучения, температуры тела ЛА, скорости полета и координаты его центра тяжести и симметрии энергетической светимости.

Поскольку любой ЛА, в соответствии с законом Планка, можно представить в виде тела, обладающего определенной индикатрисой энергетической силы излучения, вид и значение которой зависят от габаритов, типа двигателя и скорости перемещения, то термооптическую модель ЛА можно определить следующим функционалом $G = F(T,V)\cdot G(\Theta)$, где $F(T,V)$ – теоретическая «индикатриса» интегральной силы излучения ЛА, $G(\Theta)$ – прогнозная функция параметров термооптической модели ЛА. Для того чтобы $G(\Theta)$ была инвариантна по отношению к любому типу ЛА она должна быть редуцированной характеристической функцией, которая может приведена к конкретному типу ЛА через показатель, характеризующий его, размерностью «Вт/(ср·К)».

Источником излучения для ЛА является его двигатель, мощность которого помимо параметров топлива определяется и его сечением, а соответственно температура факела ($T_ф$), может быть определена следующим соотношением [3], в котором приняты следующие обозначения: k – значение адиабаты, которая зависит от типа топлива, используемого в двигателе; T_0 – температура продуктов сгорания за турбиной; p_2 – давление окружающей среды у сопла, принято считать атмосферным; p_1 – давление в камере сгорания.

$$T_Ф = T_0 \cdot \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}. \qquad (2)$$

Для нахождения значения облученности на входном зрачке теплопеленгатора необходимо учесть прохождение излучения через атмосферу. Облученность на входном зрачке теплопеленгатора с учетом потерь в атмосфере будет:

$$\begin{cases} I_{\text{ВхЗр}} = I\cdot L^{-2}\exp\{-k_\lambda L\} = I\cdot L^{2}\exp\{-k_\lambda\cdot[h\omega]\} = \\ = \left(\dfrac{\varepsilon_{\text{ЛА}}\cdot\sigma\cdot T^4}{\pi}\cdot S\cdot\tau_\lambda\right)\cdot\exp\left\{-k_\lambda\cdot\left[h\cdot\left(28{,}4\cdot H_T\cdot p/T_a\right)\right]\right\} \\ \hat{I}_{\text{ВхЗр}} = \hat{I}\cdot L^{2}\exp\{-k_\lambda L\} = \left(\dfrac{\varepsilon_c\cdot\sigma\cdot S\cdot\tau_\lambda}{\pi}\cdot T_Ф^4\right)\cdot L^{2}\exp\left\{-k_\lambda\cdot\left[h\cdot\left(28{,}4\cdot H_T\cdot p/T_a\right)\right]\right\} \end{cases}, \qquad (3)$$

где k_λ – массовый коэффициент поглощения; L – длина трассы вещества, паров воды осажденных с определенного участка атмосферы; h – расстояние от ЛА до входного зрачка пеленгатора, км; ω – количество осажденной воды, см/км; H_T – относительная влажность воздуха; p – парциальное давление паров воды, мм. рт. ст.; T_a – температура окружающей среды, К.

Опытным путем установлено, что для средней полосы осаждаемый слой воды близ поверхности Земли приблизительно равен ω=1 см/км летом и 0,6 см/км зимой.

В соответствии с теорией обнаружения сигналов соотношение для ожидаемой величины потерь ($\Re$) при заданных априорных переходных вероятностей для H_0 / H_1 и решений «да»/«нет» имеет вид (4), где приняты следующие обозначения: $H_1(T_i)$ –

решение – объект обнаружен («да»); $H_0(T_i)$ решение – ЛА не обнаружен («нет»); $P_0(T_i)/P_1(T_i)$ – априорные распределения вероятности присутствие/отсутствие («да»/«нет») ЛА в зоне чувствительности обнаружителя; $p_{r|H_1}(T_i)/\,p_{r|H_0}(T_i)$ – значение плотности вероятности «да»/«нет»; R – множество точек в пространстве наблюдений (поточечная переменная по факту регистрации каждого «да»/«нет»); $C_{10}, C_{00}, C_{01}, C_{11}$ – назначаемые коэффициенты риска в соответствии с критерием Байеса (возможен и другой критерий) на период времени T_i; $\Lambda(R)$ – отношение правдоподобия; η – порог испытания; $\Lambda(R) \underset{H_0}{\overset{H_1}{\gtrless}} \eta$ критерий отношения правдоподобия; η – порог испытания [4, 5].

$$\begin{cases} \Re = C_{00}P_0 \int\limits_{Z_0} B_0 dR + C_{10}P_0 \int\limits_{Z_1} B_0 dR + C_{11}P_1 \int\limits_{Z_1} B_1 dR + C_{01}P_1 \int\limits_{Z_1} B_1 dR \\ B_0 = p_{r|H_0}\left(R \middle| H_0\right); B_1 = p_{r|H_1}\left(R \middle| H_1\right) \\ \Lambda(R) \underset{H_0}{\overset{H_1}{\gtrless}} \eta; \ldots \ln\{\Lambda(R)\} \underset{H_0}{\overset{H_1}{\gtrless}} \ln(\eta) \\ \eta \underline{\Delta} \dfrac{P_0(C_{10} - C_{00})}{P_1(C_{01} - C_{11})} \\ C_{10} > C_{00}, C_{01} > C_{11} \end{cases} \quad (4)$$

Из соотношения (4) следует, что выбор значения коэффициентов риска $C_{00}, C_{10}, C_{11}, C_{01}$ влияет на эффективность работы обнаружителя по показателю – вероятность обнаружения без изменения его оптико-физических параметров, что практически возможно не мене чем на 12%. Таким образом, если корректировать значения $C_{00}, C_{10}, C_{11}, C_{01}$ согласно заложенной априорной прогнозной функции $G(\Theta)$ в процессе работы обнаружителя, то достоверность принимаемого решения об обнаружении при реальном отношении «сигнал/шум» на входе обнаружителя будет выше, чем без коррекции, что равносильно повышению обнаружительной эффективности теплопеленгатора в режимах IRST или FLIR.

$$C_{01} = 1 - I_{\text{Вх3р}} \Big/ \hat{I}_{\text{Вх3р}} = 1 - \left(2898 \Big/ \lambda_{\max}\right)^4 \cdot \left[T_0 \cdot \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]^{-4}. \quad (5)$$

На рис. 1 представлен предлагаемый алгоритм адаптивной схемы управления коэффициентом отношения правдоподобия при обработке информации.

Практический интерес вызывает построение прогнозных функций объектов наблюдения для корректировки работы решающего устройства теплопеленгатора в зависимости от условий наблюдения и характера обнаруживаемой цели, за счет чего достигается увеличение обнаружительной эффективности теплопеленгатора.

Летательный аппарат можно рассматривать как максимум протяженный объект с угловым размером не более 1/8 поля зрения приемной оптической системы, возможно, построить редуцированную функцию спектрально-характеристической модели ЛА. Получаемый прибором сигнал от точечного объекта сводится к параметру энергетической силы света. В базах данных [6–8] приведена энергетическая сила света

объектов или газов, которая получается на входном зрачке принимающего устройства, в нескольких спектральных диапазонах на разной высоте.

Рассмотрим ракеты на твердотельном топливе, диаметр 0,65 м, топливо перхлорат–аммония p=1,13, нормальные условия, температура факела T_0=3642 К, ε_c=1. Практические данные взяты из баз [6–8]. Анализируемые спектральные интервалы λ_{1-2}=3,5–5,5 мкм, λ_{3-4}=8,0–14,0 мкм. Результаты получившихся расчетов приведены на рис. 2.

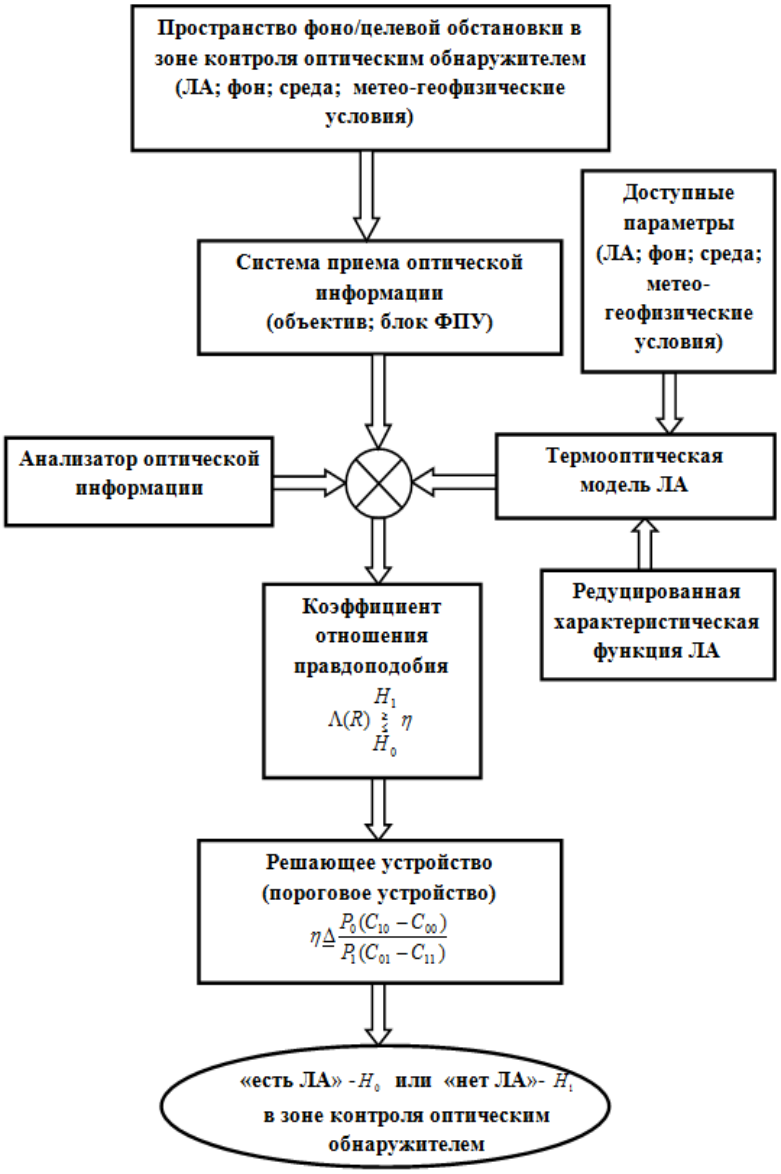


Рис. 1. Адаптивный алгоритм обнаружения высокоскоростных ЛА

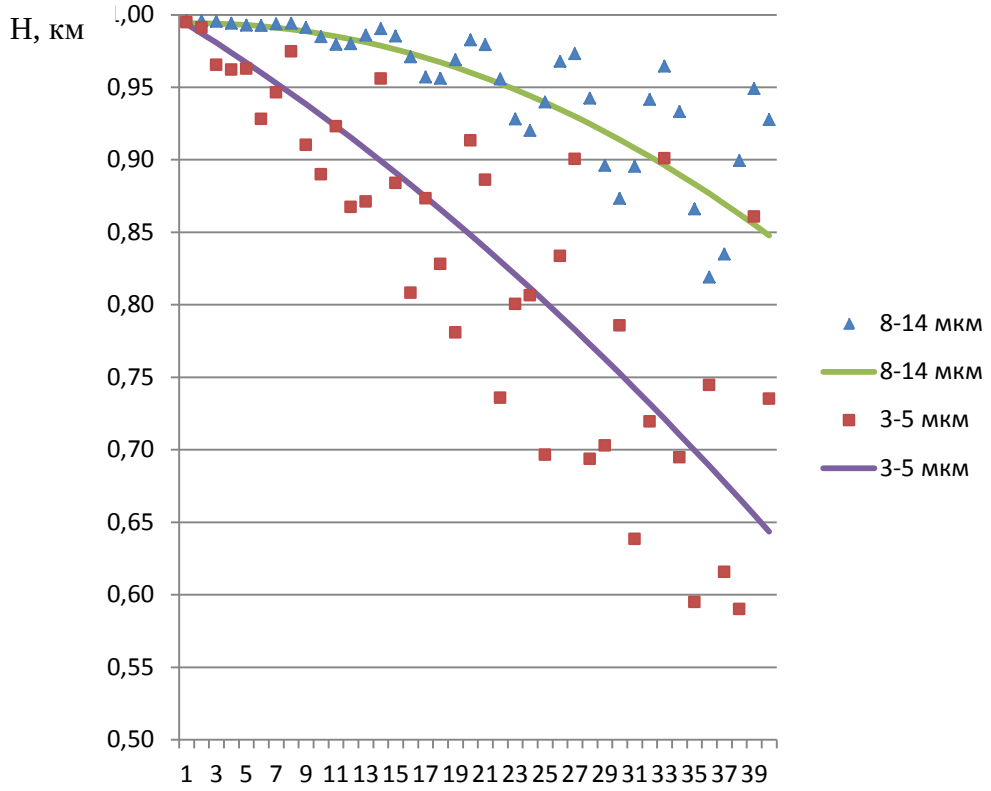


Рис. 2. Получившиеся данные зависимости C_{01} для спектральных диапазонов 3–5 мкм и 8–14 мкм

Введение прогнозной функции $G(\Theta)$ в систему обработки данных позволит повысить реальную обнаружительную эффективность теплопеленгатора, и даст возможность создания единой базы классов объектов обнаружения.

В работе был предложен алгоритм влияния на коэффициенты риска $C_{00}, C_{10}, C_{11}, C_{01}$ в процессе работы пеленгатора на задании. Был предложен алгоритм обработки практической, накопленной информации для нахождения прогнозной функции $G(\Theta)$, которая будет использоваться при назначении коэффициентов риска в зависимости от обстановки ведения наблюдения. Данный алгоритм имеет возможность работы, как с пеленгаторами типа FLIR, так и с пеленгаторами типа IRST.

Литература

1. Алеев Р.М., Иванов В.П., Овсянников В.А. Основы теории анализа и синтеза воздушной тепловизионной аппаратуры. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2000. – 250 с.
2. Демин А.В., Жуков С.И. Алгоритм пассивного детектирования высокоскоростных объектов // Международный конгресс по интеллектуальным системам и информационным технологиям. – 2013.
3. Мурашов М.В., Панин С.Д. Распознавание объектов в инфракрасном диапазоне. Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 86 с.
4. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок модуляции. Т. 2. – М.: Советское радио, 1975. – 245 с.
5. Госсорг Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение. – М.: Мир, 1988. – 420 с.

6. Демин А.В., Сорокин А.В., Гордеев Д.М., Белянский М.А., Шалковский А.Г., Чуриков А.Б., Смолин А.С., Птицына А.С. Авиационный теплопеленгатор // Изв. вузов. Приборостроение. – 2011. – Т. 54. – № 5. – С. 93–97.
7. Васильченко Н.В., Мирошников М.М. Физика ИК-излучения. Т. 1–4. – М., 1995.
8. The Hitran Database [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cfa.harvard.edu/hitran/welcometop.html, своб.

Мелихова Алина Семеновна
Год рождения: 1991
Естественнонаучный факультет, кафедра высшей математики, группа № 6743
Направление подготовки: 010400 – Прикладная математика и информатика
e-mail: alina.s.melikhova@gmail.com

УДК 517.938

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЦЕПОЧЕК НАНОРЕЗОНАТОРОВ И ЕЕ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

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

Работа посвящена построению математической модели цепочек слабо связанных шарообразных резонаторов. Эту модель можно отнести к так называемым явно решаемым моделям [1]. В работе рассматриваются цепочки, составленные из идентичных шарообразных резонаторов, соединенных между собой точечными отверстиями. Причем возможны различные конфигурации этих цепочек: в работе приведено три «базовых» геометрии (рис. 1), из которых можно будет собирать довольно сложные системы, что позволяет нам говорить о возможности моделирования сложных структур.

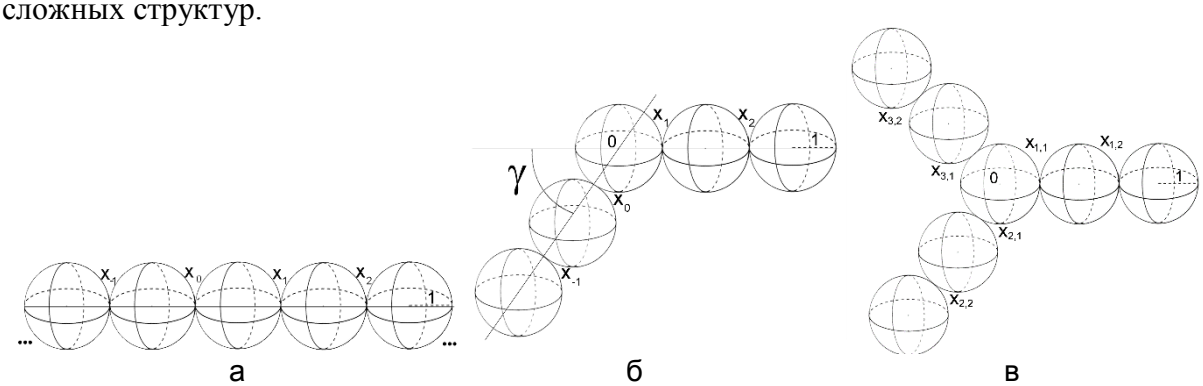


Рис. 1. Схема рассматриваемых в работе цепочек: прямая цепочка (а); цепочка с изломом (б); цепочка с *Y*-разветвлением (в)

Модель, построенная в данной работе, объединяет идеи двух моделей: модели квантовых графов цепочечного типа [2–5] и модели точечного отверстия [6–8]. Также системы слабо связанных резонаторов, описанные в настоящей работе можно отнести к системам типа декорированного графа [9], так как по своей сути они являются гибридными многообразиями.

Основной **целью работы** являлось построение модели и описание спектра цепочек в зависимости от геометрии и дополнительных (граничных) условий. Решается стационарное уравнение Шредингера. Построение модельного гамильтониана проводится в рамках теории самосопряженных расширений симметрических операторов [10]; а решение непосредственно спектральной задачи проводится при использовании метода матриц монодромии (а для прямой цепочки – и с помощью теории Блоха).

Приведем основные результаты, полученные в работе. Для начала рассмотрим прямую цепочку. Под прямой цепочкой мы подразумеваем цепочку, составленную из идентичных шаров единичного радиуса, центры которых лежат на одной прямой. В точках сочленения резонаторов предполагается наличие условия δ-соединения с константой связи α. Данная цепочка является 1D-периодичной, а значит, для решения спектральной задачи мы можем воспользоваться как теорией Блоха, так и методом матриц монодромии. В работе рассматриваются два случая: когда на границе шаров, составляющих цепочку, стоит условие Неймана, и когда стоит условие Дирихле. В случае граничного условия Неймана с помощью теории Блоха было получено следующее уравнение:

$$\sum_{k=1,l=0}^{\infty} \frac{N_{lk}\left(\lambda-\lambda_0-(-1)^l\cos(pT)\left(x_{lk}^2-\lambda_0\right)\right)}{\left(x_{lk}^2-\lambda_0\right)\left(x_{lk}^2-\lambda\right)}+\frac{3}{4\pi}\frac{\lambda-\lambda_0\left(1-\cos(pT)\right)}{\lambda_0\lambda}=\frac{\alpha}{2}, \qquad (1)$$

где x_{lk} – k-й корень уравнения $j_l'(x)=0$ ($j_l(x)$ – сферическая функция Бесселя l-го порядка); N_{lk} – нормировочный коэффициент; T – период системы; λ_0 – параметр расширения (отрицательное число); p – квазиимпульс. Проекции решения $\lambda(p)$ уравнения (1) на ось λ и дают нам структуру спектра модельного оператора. Также, воспользовавшись методом матриц монодромии, мы можем получить следующее уравнение на определение границ зон непрерывного спектра:

$$\left|\frac{-\alpha+2g}{G}\right|=1, \qquad (2)$$

где $G=-\frac{3}{4\pi\lambda}+\sum_{k=1,l=0}^{\infty}\frac{(-1)^l N_{lk}}{x_{lk}^2-\lambda}$; $g=\left(\lambda-\lambda_0\right)\left(\frac{3}{4\pi\lambda_0\lambda}+\sum_{k=1,l=0}^{\infty}\frac{N_{lk}}{\left(x_{lk}^2-\lambda_0\right)\left(x_{lk}^2-\lambda_0\right)}\right)$.

В работе было показано, что оба метода дают один и тот же ответ. И в качестве результата для данной цепочки можно сформулировать следующую теорему.

Теорема 1. Прямая цепочка с условием – соединения в случае наличия условия Неймана на границе резонаторов имеет непрерывный спектр зонной структуры, полностью описываемый уравнением (1) (или (2)). Также он содержит собственные значения бесконечной кратности – собственные значения неймановского лапласиана в шаре, соответствующие собственным функциям, убывающим до 0 в обеих точках соединения резонаторов. Дискретный спектр в этом случае пуст.

В случае прямой цепочки с условием Дирихле на границе и δ-соединением в точках сочленения резонаторов, модельный оператор также имеет чисто непрерывный спектр зонной структуры. Формулы для определения границ зон при всех возможных значениях константы связи в этом случае приведены в таблице (где были использованы следующие обозначения: y_{lk} – k-й корень уравнения $j_l(x)=0$, λ^*, λ^{**} – корни функции F_D, $F_D=\sum_{k=1,l=0}^{\infty}\frac{(-1)^l K_{lk}}{y_{lk}^2-\lambda}$, $f_D=\sum_{k=1,l=0}^{\infty}\frac{(\lambda-\lambda_0)K_{lk}}{\left(y_{lk}^2-\lambda_0\right)\left(y_{lk}^2-\lambda\right)}$, K_{lk} – нормировочный коэффициент).

Таблица. Структура непрерывного спектра для прямой цепочки с условием Дирихле

Тип интервала λ	Поведение функции F_D	Диапазон значений α	Левая граница зоны L (lb_i)	Правая граница зоны R (rb_i)
$(-\infty; y^2_{0,1})$	$F_D > 0$	$\left(-\infty; -2\,(f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{0,1}}\right]$	$L\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$y^2_{0,1} - 0$
		$\left(-2(f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{0,1}}; +\infty\right)$	$L\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$R\colon (f_D - F_D)\vert_{\lambda=R} = -\frac{\alpha}{2}$
$(y^2_{2p',k'}; y^2_{2p'',k''})$	$F_D < 0$ на $(y^2_{2p',k'}; \lambda^*)$, $F_D > 0$ на $(\lambda^*; y^2_{2p'',k''})$	$\left(-\infty; -2\,(f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p'',k''}}\right]$	$L\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$y^2_{2p'',k''} - 0$
		$\left(-2(f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p'',k''}}; -2f_D\vert_{\lambda=\lambda^*}\right)$	$L\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$R\colon (f_D - F_D)\vert_{\lambda=R} = -\frac{\alpha}{2}$
		$\left[-2f_D\vert_{\lambda=\lambda^*}; -2(f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p',k'}}\right)$	$L\colon (f_D - F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$R\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=R} = -\frac{\alpha}{2}$
		$\left[-2\,(f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p'',k''}}; +\infty\right)$	$y^2_{2p',k'} + 0$	$R\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=R} = -\frac{\alpha}{2}$
$(y^2_{2p',k'}; y^2_{2p''+1,k''})$	$F_D < 0$ на $(y^2_{2p',k'}; y^2_{2p''+1,k''})$ и $(f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p',k'}} < (f_D + F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p''+1,k''}}$	$\left(-\infty; -2\,(f_D + F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p''+1,k''}}\right]$	$L\colon (f_D - F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$y^2_{2p''+1,k''} - 0$
		$\left(-2(f_D + F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p''+1,k''}}; -2(f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p',k'}}\right)$	$L\colon (f_D - F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$R\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=R} = -\frac{\alpha}{2}$
		$\left[-2(f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p',k'}}; +\infty\right)$	$y^2_{2p',k'} + 0$	$R\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=R} = -\frac{\alpha}{2}$
	$F_D < 0$ на $(y^2_{2p',k'}; y^2_{2p''+1,k''})$ и $(f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p',k'}} \geq (f_D + F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p''+1,k''}}$	$\left(-\infty; -2(f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p',k'}}\right)$	$L\colon (f_D - F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$y^2_{2p''+1,k''} - 0$
		$\left[-2(f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p',k'}}; -2(f_D + F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p''+1,k''}}\right]$	$y^2_{2p',k'} + 0$	$y^2_{2p''+1,k''} - 0$
		$\left(-2(f_D + F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p''+1,k''}}; +\infty\right)$	$y^2_{2p',k'} + 0$	$R\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=R} = -\frac{\alpha}{2}$
	$F_D < 0$ на $(y^2_{2p',k'}; \lambda^*)$, $F_D > 0$ на $(\lambda^*; \lambda^{**})$ $F_D < 0$ на $(\lambda^{**}; y^2_{2p''+1,k''})$	$\left(-\infty; -2\,(f_D + F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p''+1,k''}}\right]$	$L\colon (f_D - F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$y^2_{2p''+1,k''} - 0$
		$\left(-2(f_D + F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p''+1,k''}}; -2f_D\vert_{\lambda=\lambda^{**}}\right)$	$L\colon (f_D - F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$R\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=R} = -\frac{\alpha}{2}$
		$[-2f_D\vert_{\lambda=\lambda^{**}}; -2f_D\vert_{\lambda=\lambda^*}]$	$L\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$R\colon (f_D - F_D)\vert_{\lambda=R} = -\frac{\alpha}{2}$
		$\left(-2f_D\vert_{\lambda=\lambda^*}; -2(f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p',k'}}\right)$	$L\colon (f_D - F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$R\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=R} = -\frac{\alpha}{2}$
		$\left[-2\,(f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p',k'}}; +\infty\right)$	$y^2_{2p',k'} + 0$	$R\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=R} = -\frac{\alpha}{2}$
$(y^2_{2p'+1,k'}; y^2_{2p'',k''})$	$F_D > 0$ на $(y^2_{2p'+1,k'}; y^2_{2p'',k''})$ и $(f_D + F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p'+1,k'}} < (f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p'',k''}}$	$\left(-\infty; -2\,(f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p'',k''}}\right]$	$L\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$y^2_{2p'',k''} - 0$
		$\left(-2(f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p'',k''}}; -2(f_D + F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p'+1,k'}}\right)$	$L\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$R\colon (f_D - F_D)\vert_{\lambda=R} = -\frac{\alpha}{2}$
		$\left[-2(f_D + F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p'+1,k'}}; +\infty\right)$	$y^2_{2p'+1,k'} + 0$	$R\colon (f_D - F_D)\vert_{\lambda=R} = -\frac{\alpha}{2}$
	$F_D > 0$ на $(y^2_{2p'+1,k'}; y^2_{2p'',k''})$ и $(f_D + F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p'+1,k'}} \geq (f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p'',k''}}$	$\left(-\infty; -2(f_D + F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p'+1,k'}}\right)$	$L\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$y^2_{2p'',k''} - 0$
		$\left[-2(f_D + F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p'+1,k'}}; -2(f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p'',k''}}\right]$	$y^2_{2p'+1,k'} + 0$	$y^2_{2p'',k''} - 0$
		$\left(-2(f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p'',k''}}; +\infty\right)$	$y^2_{2p'+1,k'} + 0$	$R\colon (f_D - F_D)\vert_{\lambda=R} = -\frac{\alpha}{2}$
	$F_D > 0$ на $(y^2_{2p'+1,k'}; \lambda^*)$, $F_D < 0$ на $(\lambda^*; \lambda^{**})$ $F_D > 0$ на $(\lambda^{**}; y^2_{2p'',k''})$	$\left(-\infty; -2\,(f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p'',k''}}\right]$	$L\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$y^2_{2p'',k''} - 0$
		$\left(-2(f_D - F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p'',k''}}; -2f_D\vert_{\lambda=\lambda^{**}}\right)$	$L\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$R\colon (f_D - F_D)\vert_{\lambda=R} = -\frac{\alpha}{2}$
		$[-2f_D\vert_{\lambda=\lambda^{**}}; -2f_D\vert_{\lambda=\lambda^*}]$	$L\colon (f_D - F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$R\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=R} = -\frac{\alpha}{2}$
		$\left(-2f\vert_{\lambda=\lambda^*}; -2(f_D + F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p'+1,k'}}\right)$	$L\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$R\colon (f_D - F_D)\vert_{\lambda=R} = -\frac{\alpha}{2}$
		$\left[-2\,(f_D + F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p'+1,k'}}; +\infty\right)$	$y^2_{2p'+1,k'} + 0$	$R\colon (f_D - F_D)\vert_{\lambda=R} = -\frac{\alpha}{2}$
$(y^2_{2p'+1,k'}; y^2_{2p''+1,k''})$	$F_D < 0$ на $(y^2_{2p'+1,k'}; \lambda^*)$, $F_D > 0$ на $(\lambda^*; y^2_{2p''+1,k''})$	$\left(-\infty; -2\,(f_D + F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p''+1,k''}}\right]$	$L\colon (f_D - F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$y^2_{2p''+1,k''} - 0$
		$\left(-2(f_D + F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p''+1,k''}}; -2f_D\vert_{\lambda=\lambda^*}\right)$	$L\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$R\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=R} = -\frac{\alpha}{2}$
		$\left[-2f_D\vert_{\lambda=\lambda^*}; -2(f_D + F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p'+1,k'}}\right)$	$L\colon (f_D + F_D)\vert_{\lambda=L} = -\frac{\alpha}{2}$	$R\colon (f_D - F_D)\vert_{\lambda=R} = -\frac{\alpha}{2}$
		$\left[-2\,(f_D + F_D)\vert_{\lambda=y^2_{2p''+1,k''}}; +\infty\right)$	$y^2_{2p'+1,k'} + 0$	$R\colon (f_D - F_D)\vert_{\lambda=R} = -\frac{\alpha}{2}$

Далее рассмотрим спектральную задачу для цепочки с однократным изломом под углом γ с условием Неймана на границе шаров и условием δ-соединения в точках сочленения резонаторов. Непрерывный спектр в этом случае совпадает с описанным ранее (в теореме 1) непрерывным спектром соответствующей прямой цепочки. Но при наличии нетривиального излома возникают значения λ, принадлежащие дискретному спектру. В работе было получено уравнение для определения этих собственных значений в следующем виде:

$$\begin{cases} Z_\gamma^2 = G^2 \\ \left[\begin{array}{l} \dfrac{-\alpha + 2g}{2G} < -1, \\ \dfrac{-\alpha + 2g}{2G} > 1 \end{array}\right. \end{cases} \qquad (3)$$

где $Z_\gamma = -\frac{3}{4\pi\lambda} + \sum_{k=1,l=0}^{\infty} \frac{N_{lk} P_l(-\cos\gamma)}{x_{lk}^2 - \lambda}$.

Можно отметить, что полученное решение первого уравнения – «потенциальное» собственное значение не зависит от параметра связи α, а зависит только от угла излома γ, в то время как границы зон непрерывного спектра наоборот не зависят от угла излома цепи, но зависят от константы связи α. Эти результаты можно обобщить в теореме 2.

Теорема 2. Цепочка с однократным изломом под углом γ (где $\gamma \in (0, 2\pi/3)$) с условием – соединение в случае наличия условия Неймана на границе резонаторов имеет непрерывный спектр зонной структуры, полностью описываемый уравнением (2). Также он содержит собственные значения бесконечной кратности – собственные значения неймановского лапласиана в шаре, соответствующие собственным функциям, убывающим до 0 в обеих точках соединения резонаторов. Существуют такие значения параметров модели γ, α и λ_0, что дискретный спектр содержит отрицательное собственное значение, лежащее ниже границы непрерывного спектра, а для каждой лакуны на положительной спектральной полуоси существуют такие значения параметра α, что в этой лакуне есть одно или два собственных значения, принадлежащих дискретному спектру модельного оператора. Иллюстрацией этой теоремы может служить, например, рис. 2.

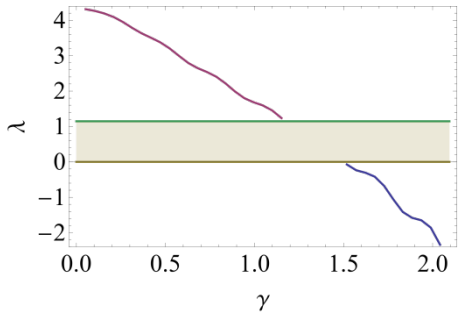


Рис. 2. Спектр системы с изломом в зависимости от угла излома γ (при α=2). Обозначения: бежевая область – первая зона непрерывного спектра (не зависит от угла излома γ); коричневая и зеленая линии – ее нижняя и верхняя границы соответственно; синяя линия – собственное значение, лежащее ниже границы непрерывного спектра (не зависит от параметра связи α); красная линия – собственное значение из лакуны между первой и второй зонами непрерывного спектра (не зависит от параметра связи α)

В случае *Y*-разветвленной системы в работе были рассмотрены две спектральные задачи: при наличии условия δ-соединения в точках сочленения резонаторов и условия Неймана на границе шаров и при наличии условия δ′-соединения в точках сочленения резонаторов и условия Неймана на их границе. Приведем основные результаты, полученные для этих систем. В случае δ-соединения непрерывный спектр описывается (с точностью до обозначений) уравнением (2), а выражение для определения дискретного спектра было получено в следующем виде:

$$\begin{cases} \left(X - \mu^{\pm} G\right)^3 - \left(A^2 + B^2 + C^2\right)\left(X - \mu^{\pm} G\right) + 2ABC = 0 \\ \left[\begin{array}{l} \dfrac{-\alpha + 2g}{2G} < -1 \\ \dfrac{-\alpha + 2g}{2G} > 1 \end{array}\right. \end{cases}, \qquad (4)$$

где $\mu^{\pm}$ – собственные числа соответствующей матрицы монодромии; $A = G\left(\mathbf{x}_{2,1}, \mathbf{x}_{1,1}, \lambda\right)$, $B = G\left(\mathbf{x}_{3,1}, \mathbf{x}_{1,1}, \lambda\right)$, $C = G\left(\mathbf{x}_{3,1}, \mathbf{x}_{2,1}, \lambda\right)$, а $G\left(\mathbf{x}_{i_1,1}, \mathbf{x}_{i_2,1}, \lambda\right)$ – функция Грина в точках $\mathbf{x}_{i,1}$ – точках соединения шара номер 1 ветви с номером i с так называемым центральным шаром номер 0 (рис. 1). Формула (4) позволяет вычислить дискретный спектр Y-разветвленной цепочки, вообще говоря, любой «угловой конфигурации». А в случае так называемого «базового» разветвления (когда система обладает симметрией относительно поворотов на углы $2\pi/3$ и $4\pi/3$, и оси, проходящие через центры резонаторов в одной ветви, которой лежат в одной плоскости) выражение (4) может быть переписано в следующем виде:

$$\begin{cases} \left(X - \mu^{\pm} G\right)^3 - 3A^2\left(X - \mu^{\pm} G\right) + 2A^3 = 0 \\ \left[\begin{array}{l} \dfrac{-\alpha + 2g}{2G} < -1 \\ \dfrac{-\alpha + 2g}{2G} > 1 \end{array}\right. \end{cases}, \qquad (5)$$

и после анализа уравнения (5) мы можем сформулировать теорему 3.

Теорема 3. Цепочка с Y-разветвлением с условием – соединения и в случае наличия условия Неймана на границе резонаторов имеет непрерывный спектр зонной структуры, описываемый уравнением (2). Также он содержит собственные значения бесконечной кратности – собственные значения неймановского лапласиана в шаре, соответствующие собственным функциям, убывающим до 0 в обеих точках соединения резонаторов. Дискретный спектр модельного оператора Y-разветвленной системы «произвольной угловой конфигурации» состоит из всех решений уравнения (5). А в случае модели с «базовым» разветвлением существуют такие значения параметров α и λ_0, что дискретный спектр соответствующего модельного оператора содержит отрицательное собственное значение, лежащее ниже границы непрерывного спектра.

В качестве иллюстрации данной теоремы приведем, например, рис. 3.

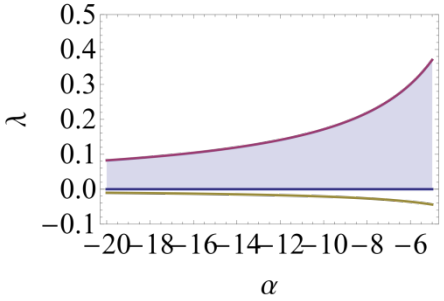


Рис. 3. Спектр системы цепочек с Y-разветвлением с условием δ-соединения в зависимости от параметра соединения α: серая область – первая зона непрерывного спектра, красная линия – ее верхняя граница, синяя линия – нижняя граница, зеленая линия – собственное значение, лежащее ниже границы непрерывного спектра

В случае δ'-соединения с параметром связи β непрерывный спектр Y-разветвленной системы описывается следующим выражением:

$$\left|\beta G + \frac{1 - (1 - \beta g)^2}{\beta G}\right| \le 2, \qquad (6)$$

а выражение для определения дискретного спектра было получено в следующем виде:

$$\begin{cases} \left(\frac{g\left(2-\beta g\right)-\mu'^{\pm}G\left(1-\beta g\right)}{1-\beta\left(g-\mu'^{\pm}G\right)}\right)^3-\left(A^2+B^2+C^2\right)\left(\frac{g\left(2-\beta g\right)-\mu'^{\pm}G\left(1-\beta g\right)}{1-\beta\left(g-\mu'^{\pm}G\right)}\right)+ \\ +2ABC=0 \\ \left[\begin{array}{l} \beta G+\frac{1-\left(1-\beta g\right)^2}{\beta G}<-2 \\ \beta \mathrm{G}+\frac{1-\left(1-\beta g\right)^2}{\beta G}>2 \end{array}\right. \end{cases}, \quad (7)$$

где $\mu'^{\pm}$ – собственные числа соответствующей матрицы монодромии. Теперь можно сформулировать теорему 4 о спектре системы данной конфигурации.

Теорема 4. Цепочка с *Y*-разветвлением с условием *δ′*-соединения и в случае наличия условия Неймана на границе резонаторов имеет непрерывный спектр зонной структуры, описываемый уравнением (6). Также он содержит собственные значения бесконечной кратности – собственные значения неймановского лапласиана в шаре, соответствующие собственным функциям, убывающим до 0 в обеих точках соединения резонаторов. Дискретный спектр модельного оператора *Y*-разветвленной системы «произвольной угловой конфигурации» состоит из всех решений уравнения (7).

А в случае «базового» разветвления в данном случае выражение (7) также может быть записано в более простой форме:

$$\begin{cases} \left(\frac{g\left(2-\beta g\right)-\mu'^{\pm}G\left(1-\beta g\right)}{1-\beta\left(g-\mu'^{\pm}G\right)}\right)^3-3A^2\left(\frac{g\left(2-\beta g\right)-\mu'^{\pm}G\left(1-\beta g\right)}{1-\beta\left(g-\mu'^{\pm}G\right)}\right)+2A^3=0 \\ \left[\begin{array}{l} \beta G+\frac{1-\left(1-\beta g\right)^2}{\beta G}<-2 \\ \beta \mathrm{G}+\frac{1-\left(1-\beta g\right)^2}{\beta G}>2 \end{array}\right. \end{cases}, \quad (8)$$

и в этом случае мы можем сформулировать некоторое утверждение, оценивающее количество собственных значений, принадлежащих дискретному спектру модельного оператора.

Утверждение. В случае «базового» *Y*-разветвления цепочки с условием *δ′*-соединения и в случае наличия условия Неймана на границе резонаторов дискретный спектр модельного оператора имеет не более трех отрицательных собственных значения (а при некоторых значениях параметра связи β – возможно, не более одного).

На рис. 4 приведена структура спектра для данной системы (этот график можно считать иллюстрацией приведенного выше утверждения).

Построенную в работе модель можно считать хорошей математической моделью, так как, несмотря на то, что сама система является довольно нетривиальным трехмерным объектом, в результате для нее были получены как численные результаты, так и аналитические. Данная работа – работа теоретического характера. Но описанная в ней модель может быть использована для построения реальной физической системы с заранее определенными свойствами, так как данная математическая модель позволяет найти такие параметры системы, которые обеспечат требуемые спектральные свойства реальной системы.

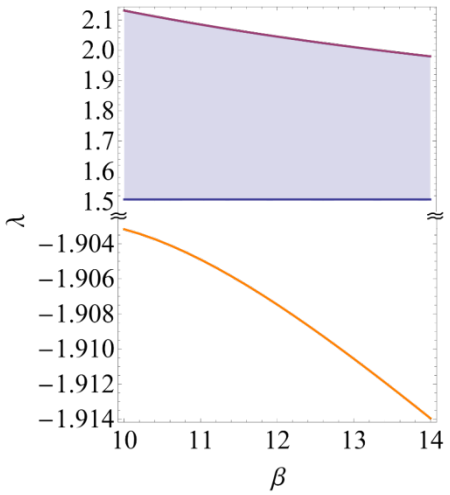


Рис. 4. Спектр системы цепочек с *Y*-разветвлением с условием δ'-соединения в зависимости от параметра соединения β: серая область – первая зона непрерывного спектра, красная линия – ее верхняя граница, синяя линия – нижняя граница, оранжевая линия – собственное значение, лежащее ниже границы непрерывного спектра

Литература

1. Альбеверио С., Гестези Ф., Хёэг-Крон Р., Хольден Х. Решаемые модели в квантовой механике. – М.: Мир, 1991. – 569 с.
2. Kuchment P., Vainberg B. On the structure of eigenfunctions corresponding to embedded eigenvalues of locally perturbed periodic graphs operator // Commun. Math. Phys. – 2006. – V. 268. – P. 673–686.
3. Duclos P., Exner P., Turek O. On the spectrum of a bent chain graph // J. Phys. A: Math. Theor. – 2008. – V. 41. – P. 415206.
4. Popov I.Yu., Smirnov P.I. Spectral problem for branching chain quantum graph // Phys. Lett. A. – 2013. – V. 377. – № 6. – P. 439–442.
5. Popov I.Yu., Skorynina A.N., Blinova I.V. On the existence of point spectrum for branching strips quantum graph // J. Math. Phys. – 2014. – V. 55. – P. 033504.
6. Popov I.Yu. The resonator with narrow slit and the model based on the operator extensions theory // J. Math. Phys. – 1992. – V. 33. – No 11. – P. 3794–3801.
7. Popov I.Yu., Popova S.L. Zero-width slit model and resonances in mesotropic systems // Europhys. Lett. – 1993. – V. 24. – № 5. – P. 373–377.
8. Popov I.Yu. The extension theory and the opening in semitransparent surface // J. Math. Phys. – 1992. – V. 33. – № 5. – P. 1685–1689.
9. Брюнинг Й., Гейлер В.А., Лобанов И.С. Спектральные свойства операторов Шредингера на декорированных графах // Математические заметки. – 2005. – Т. 77. – № 6. – С. 932–934.
10. Павлов Б.С. Теория расширений и явно решаемые модели // УМН. – 1987. – Т. 42. – № 6(258). – С. 99–131.

Минаева Лидия Викторовна
Год рождения: 1990
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевой инженерии и автоматизации, кафедра процессов и аппаратов пищевых производств, группа № и6254
Направление подготовки: 151000 – Машины и оборудование биотехнологий
e-mail: linya99@rambler.ru

УДК 664.736

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧЕГО ОРГАНА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЛИМОННОГО НАПИТКА С МЯКОТЬЮ

Л.В. Минаева
Научный руководитель – д.т.н., профессор Г.В. Алексеев

В работе проведены исследования процесса динамического измельчения плодов и овощей сферической формы, расчет основных параметров режущего органа и режимов измельчения, создание экспериментальной лабораторной установки для моделирования процесса динамического измельчения, совершенствование рабочего органа устройства при производстве лимонного напитка с мякотью.

Измельчение – это механический процесс, при котором воздействие кромок и фасок лезвия на материал сопровождается пластичностью, упругостью и вязкостью материала, имеющие первостепенное значение.

Модель упруговязкого тела может быть представлена как конгломерат, состоящий из твердого (упругого или пластического) скелета и жидкого, полужидкого или газообразного вещества, заполняющего промежутки между твердыми элементами. Лимон представляет собой ткани, образованные пространственной волокнистой системой, в полостях которой содержится жидкость.

Для отражения картины поведения плодов лимона под нагрузкой подходит физическая модель, содержащая три последовательно соединенных элемента: элемента E_1 – мгновенной упругости, элемента E_2 – запаздывающей упругости, соединенного параллельно с элементом вязкости и элемента течения η_1, соединенного с первыми двумя элементами последовательно.

Логический и математический анализ рассмотренной механической модели упруговязкого материала указывают на ее достаточную физическую обоснованность. Такая модель позволяет весьма иллюстративно объяснить характер поведения упруговязких материалов в процессе их нагружения.

Целью работы являлось исследование процесса динамического измельчения плодов и овощей, позволяющее целенаправленно рассчитывать конструктивные параметры, определить области применения и допустимые режимы работы проектируемого аппарата. На основе анализа, экспериментальных и теоретических исследований процесса динамического измельчения дать предложения: по совершенствованию режимов процесса измельчения; по оптимизации технологических параметров режущих органов аппаратов для измельчения. Помимо этого, необходимо дать ряд предписаний по совершенствованию рабочего органа аппарата для производства лимонного напитка с мякотью.

Анализ параметров режущего органа аппарата в плоскости резания указывает на большое значение формы линии лезвия ножа для работы аппарата. Форма линии лезвия должна обеспечивать наименьший расход энергии на резание материала, минимальную

неравномерность нагрузки на вал и защемление материала режущей кромкой по всей рабочей длине лезвия.

Было проведено аналитическое исследование различных форм ножей для плосковращательных аппаратов, дана оценка их достоинствам и недостаткам и определена целесообразность их применения. Из всех криволинейных форм для ножей наиболее предпочтительна форма эксцентрической окружности. С производственной точки зрения она несколько сложнее прямолинейной, но значительно проще других криволинейных форм.

Для разработки лезвийного ножа рабочего органа аппарата для динамического измельчения представлены основные формулы и значения:

– у окружности с радиусом R и эксцентриситетом e:

$$R^2 = l^2 + r^2 + 2er \cdot \cos\theta; \quad (1)$$

– оптимальный угол скольжения $\tau = 60°$;

– трансформированный угол заточки $\beta_1 = 7°38'$;

– формула усилия резания:

$$P_{\text{рез.ср}} = 75 \cdot 10^{-0,00129} \cdot \upsilon_{\text{рез}}^{2,26} + 40; \quad (2)$$

– частота вращения рабочего органа $n = 3360$ об/мин;

– скорость резания $v = 10,14$ м/с;

– критическое усилие резания

$$P_{\text{кр}} = \delta \cdot \sigma_p + \frac{E}{2} \cdot \frac{h_{\text{сж}}^2}{h} \cdot \left[\tan\beta + f \cdot \sin^2\beta + \mu \cdot (f + \cos^2\beta) \right]. \quad (3)$$

Полученные соотношения позволяют на основании свойств измельчаемого продукта, а также конструктивных параметров машины для измельчения найти форму линии лезвия аппарата, угол наклона лезвия, угол заточки лезвия, а также проверить прочность выбранной конструкции режущего устройства [3].

Были проведены экспериментальные исследования, целью которых являлась проверка правомерности принятых допущений, принятых при проведении теоретических исследований, а также оптимальности работы рассматриваемого устройства. Проанализированы основные результаты эксперимента, которые позволили выработать рекомендации по дальнейшему совершенствованию систем аналогичного типа.

Механическая часть экспериментальной установки выполнена из расчета, что объем готового напитка по рецептуре составляет 500 мл. Установка состоит из рабочего органа, представляющего собой ножевую головку, закрепленную на валу, который, в свою очередь, находится в полости дежи, закрепленной на опоре, и неподвижном основании.

Первоначально, для проведения процесса измельчения плодов и овощей лезвийными ножами необходимо определить, при каком режиме проведения экспериментов будут получены наиболее оптимальные выходные параметры процесса. Опыты показали существенное влияние на показатели измельчения количества добавляемой в процессе воды и время ее добавления. В результате исследований необходимо определить методику процесса измельчения плодов для производства лимонного напитка с мякотью (смузи). Для этого важным критерием является дисперсность измельченного продукта и однородность состава полученного напитка.

С технологической точки зрения, процесс приготовления лимонного напитка с мякотью (смузи) может осуществляться тремя способами:

1. механическое измельчение – первоначально процесс измельчения плодов производится без присутствия жидкости, которая затем добавляется в уже измельченный продукт;
2. гидромеханическое измельчение – весь процесс измельчения плодов производится в присутствии жидкости;
3. комбинированное измельчение – измельчение на первых стадиях процесса производится без добавления жидкой фазы, после достижения некоторой степени измельчения добавляется вся или часть необходимой по рецептуре жидкости и процесс измельчения проходит в гидромеханическом режиме [1].

Использование комбинированного способа резко повышало эффективность измельчения, так как фрагменты, образовавшиеся на первом этапе измельчения, вовлекались в движение жидкостью, которая циркулировала под действием насосного эффекта ножа. В результате, частицы многократно перемещались через плоскость резания и интенсивно измельчались.

Для проведенных экспериментов комбинированным методом были построены графики зависимостей количества частиц, оставшихся на сите, через которое процеживали получившуюся смесь, от времени измельчения, представленные на рис. 1.

Рис. 1. Зависимость количества частиц, оставшихся на сите, от времени измельчения продукта для случаев комбинированного измельчения

Анализ показывает, что увеличение количества жидкой фазы улучшает условия измельчения, что связано с более интенсивной циркуляцией жидкости из-за более глубокого расположения в ней плоскости вращения ножа. Одновременно обнаруживается, что с увеличением времени выше определенного предела (в опытах порядка 75 с) улучшение измельчения практически не происходит [2].

Помимо определения режимов проведения экспериментов, необходимо было рассмотреть влияние изменения частоты вращения ножевой головки, геометрических размеров чаши аппарата для измельчения и количества ножей режущей головки. Анализ изменения входных параметров был проведен и представлен в данной работе и позволил выявить наиболее оптимальные параметры проведения эксперимента.

Для выявления входных параметров, оказывающих наибольшее влияние на выходные параметры процесса было проведено построение нейронной модели экспериментальных исследований процесса измельчения плодов и овощей лезвийным ножевым органом. Нейронные сети – исключительно мощный метод моделирования, позволяющий воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости. В частности, нейронные сети нелинейны по своей природе.

Способность нейронной сети делать точный прогноз на данных, не принадлежащих исходному обучающему множеству (но взятых из того же источника) является обобщением. Обычно это качество сети достигается разбиением имеющихся

данных на три подмножества: первое из них используется для обучения сети, второе – для кросс-проверки алгоритма обучения во время его работы, и третье – для окончательного независимого тестирования.

Разработка модели производилась с помощью программного комплекса NeuroShell 2. Полученные данные представлены в работе в виде диаграмм. Так при оценке важности входных параметров на выходной параметр – средняя масса частицы, получаемая в процессе измельчения на верхнем сите, представлены следующие результаты (рис. 2).

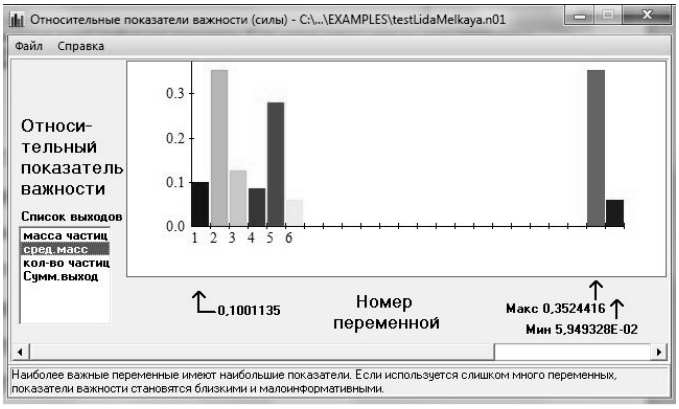


Рис. 2. Относительные показатели важности входных параметров на среднюю массу частицы

Из рис. 2 видно, что наибольшее влияние на величину средней массы частицы оказывает время гидромеханического измельчения (2) и количество воды (5), добавляемой в процессе измельчения. Высота дежи аппарата (6) является наименее значимым параметром для средней массы частицы.

Был проведен дисперсионный анализ, который позволяет исследовать различие между группами данных, определять, носят ли эти расхождения случайный характер или вызваны конкретными обстоятельствами, поможет определить, насколько влияют внешние факторы на измерения. Получены уравнения, описывающие влияние входных параметров на выходные, но они имеют низкую точность аппроксимации и степень точности.

Для экспериментального определения удельной силы нормального резания воспользуемся установкой гильотинного типа.

Удельную силу резания определяют по общей массе грузов и массе каретки, понадобившейся для преодоления сил сцепления частиц материала и возникновения процесса разрушения, отнесенной к длине разрезаемой поверхности образца. Результаты определения усилий резания: лимон кольцом – 1067 Н/м, цедра лимона – 2150 Н/м, лимон полукольцом – 1173 Н/м.

При анализе полученных результатов установлено усилие резания в зависимости от того, на что она действует при прорезании плода. Выявлено, что максимальное усилие резания из рассмотренных примеров было приложено при прорезании цедры лимона, а минимальное – при прорезании кольца лимона.

По материалам работы получен патент РФ № 131996 на полезную модель «Устройство для измельчения фруктов и овощей», от 10.09.2013, патент РФ №138201 на полезную модель «Устройство для резки на части плодов и овощей», от 10.03.2014 и патент РФ №141084 на полезную модель «Устройство для хранения фруктов и овощей», от 27.05.2014.

Литература

1. Минаева Л.В., Минаева Т.В., Синявский Ю.В. Интенсификация процесса измельчения плодов и овощей при производстве напитков с мякотью // III Международная научно-техническая конференция «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений». – 2013. – № 1(13). – С. 295–298.
2. Минаева Л.В., Минаева Т.В. Интенсификация процесса измельчения плодов при производстве напитков типа смузи // I студенческий инновационный форум с международным участием «ПОТЕНЦИАЛ». – 2013. – Вып. 1. – С. 88–90.
3. Резник Н.Е. Исследование кромки лезвия путем растровой электронной микроскопии // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1955. – Кв. 5. – С. 9–12.

Минаева Татьяна Викторовна
Год рождения: 1990
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевой инженерии и автоматизации, кафедра процессов и аппаратов пищевых производств, группа № и6254
Направление подготовки: 151000 – Машины и оборудование биотехнологий
e-mail: minaeva_tanya@list.ru

УДК 67.05

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ И РАЗРАБОТКА ОХЛАЖДАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ

Т.В. Минаева
Научный руководитель – д.т.н., профессор Г.В. Алексеев

В работе рассматривалась возможность разработки конструкции аппарата, повышающего эффективность охлаждения продукта без подмораживания и предотвращающего слеживание продукта в процессе хранения, уменьшая потери при охлаждении и хранении плодов и овощей.

Практически все отрасли производства применяют искусственное охлаждение, которое является необходимым для сохранения качества продукции.

Целью работы являлось теоретическое исследование аппаратов для охлаждения и кратковременного хранения продуктов, позволяющее целенаправленно рассчитывать их конструктивные параметры, определить области применения и требования, предъявляемые для безотказной работы охлаждающих устройств.

Научная новизна проведенных исследований заключается в рассмотрении параметров, влияющих на ход процесса охлаждения, необходимость подбора оптимального хладагента и качества охлаждаемого продукта; проектирование модели тепловых потоков в разрабатываемом аппарате, позволяющие описать распределение тепла в установке, подобрать необходимые конструктивные параметры и оценить эффективность охлаждения заданного продукта.

Практической ценностью и реализацией результатов работы являлась разработка конструкции аппарата охлаждения и кратковременного хранения плодов и овощей; разработанная конструкция повышает эффективность охлаждения продукта без

подмораживания и имеет конструкцию, предотвращающую слеживание продукта в процессе хранения; имеет компактную конструкцию и может быть использована в качестве узла в более сложном оборудовании.

Литературный анализ показывает то, что такие основные качественные показатели оборудования для охлаждения продуктов как поддержание требуемых условий, надежность, удобство в эксплуатации, уменьшение потерь являются интересными. На данный момент можно отметить высокую заинтересованность компаний в производстве охлаждающего оборудования, имеющего меньшие потери и высокую долговечность.

Также наблюдается большое разнообразие конструкций охлаждающего оборудования, представленных на рынке, и постоянная модернизация оборудования свидетельствует об интересе к ним.

Решение ряда существующих задач связано с разработкой нового принципа построения охлаждающих аппаратов, наиболее всего отвечающих требованиям пищевой промышленности.

Одной из основных стадий технологического процесса производства является хранении плодов и овощей свежими. Разрабатываемое устройство является узлом более сложного оборудования.

Техническими задачами заявляемой полезной модели являются создание аппарата, который сочетает в себе компактную конструкцию с повышением надежности в работе и эффективности охлаждения продукта без подмораживания для предотвращения его слеживания при хранении.

На рис. 1 схематически изображено предлагаемое устройство, общий вид и рабочая камера без охлаждающей рубашки [2].

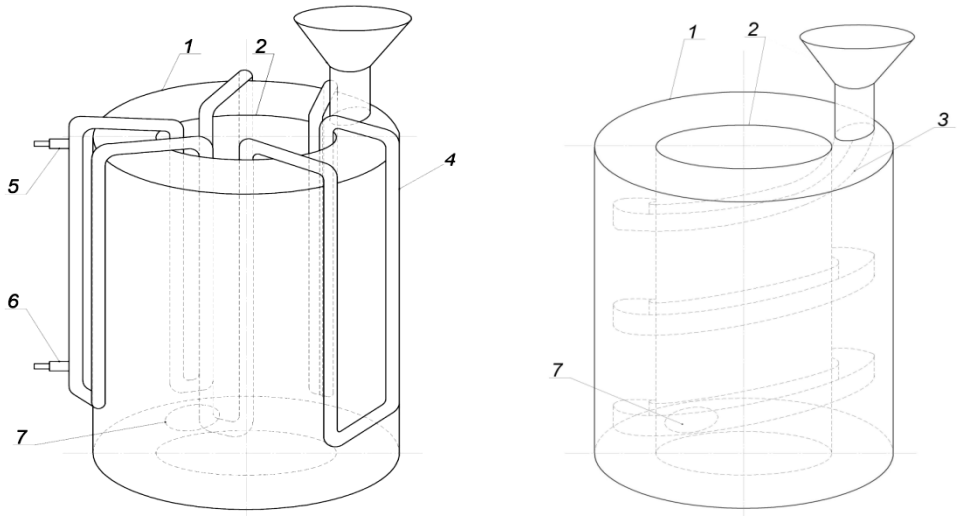


Рис. 1. Устройство для кратковременного хранения фруктов и овощей: общий вид (а) и рабочая камера (б) аппарата без охлаждающей рубашки

Работает устройство при кратковременном хранении овощей и фруктов следующим образом. При поступлении фруктов и овощей в загрузочную воронку рабочего корпуса, выполненного в виде тора с внешней стенкой 1 и внутренней стенкой 2, они самотеком поступают через отверстие по винтовой спирали 3, где последовательно распределяются по всей длине спирали. Предварительно через штуцер 5 в систему охлаждения поступает хладагент, который циркулирует в охлаждающей рубашке 4. Охлаждающая рубашка выполнена из *U*-образных трубчатых элементов, установленных последовательно с чередованием по наружным поверхностям внешней 1 и внутренней 2 стенок тороидальной рабочей камеры по ее образующей, причем

отдельные трубчатые элементы установлены так, что относительно продольной оси рабочей камеры их наиболее продолжительные участки имеют одинаковое угловое смещение друг относительно друга. По мере циркуляции, использованный хладагент выводится из аппарата через нижний штуцер 6. Охлажденные фрукты по мере надобности могут быть извлечены из аппарата через разгрузочное отверстие 7.

Описанная конструкция расширяет возможности устройства для хранения фруктов и овощей и позволяет выполнить поставленные технические задачи.

Охлаждающее оборудование имеет теплоизоляцию, позволяющую поддерживать определенные требуемые условия относительной влажности воздуха и температуры. Это является особенностью охлаждаемого оборудования по сравнению с другим оборудованием [1].

Основой проектирования теплоизоляции является подбор конструкции и материала теплоизоляции, а также расчет и подбор толщины материалов (1), входящих в конструкцию теплоизоляции, и сравнение с действительным значением коэффициента теплопередачи (2).

Определяется толщина теплоизоляционного слоя:

$$\delta_{из} = \lambda_{из}\left[\frac{1}{k_0} - \left(\frac{1}{\alpha_н} + \sum\frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в}\right)\right], \quad (1)$$

где k_0 – общий коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, Вт/(м^2·К).

Определяют действительное значение коэффициента теплопередачи:

$$k_д = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_н} + \sum\frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}}}, \quad (2)$$

где $\delta_{из}$ – принятая толщина теплоизоляционного слоя, м; $\alpha_н$, $\alpha_в$ – коэффициент теплоотдачи с наружной и внутренней стороны ограждения, Вт/(м^2·К); δ_i – толщина строительных слоев конструкции, м; λ_i – коэффициент теплопроводности материала строительных слоев конструкции, Вт/(м·К); $\delta_{из}$ – толщина теплоизоляционного слоя, м; $\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности изоляционного слоя, Вт/(м·К).

Расчет теплопритоков сводится к определению количества теплоты всех источников теплоты, поступающих в холодильное оборудование и влияющих на поддержание требуемых показателей температуры и относительной влажности воздуха в аппарате.

Поступающие в аппарат и образующиеся внутри рабочей камеры теплопритоки можно выделить на следующие виды:

- теплоприток от окружающей среды через ограждения;
- теплоприток от продуктов при холодильной обработке;
- приток теплоты, поступающий с наружным воздухом при вентиляции;
- эксплуатационный теплоприток;
- теплоприток от «дыхания» овощей и фруктов.

При проектировании установки, необходимо учитывать холодопроизводительность по самым неблагоприятным факторам работы оборудования.

В результате расчетов, общий теплоприток от всех источников теплоты, воздействующих на аппарат, составил 8,453 кВт.

Для моделирования тепловых полей воспользовались программной средой COMSOL Multiphysics.

Теплообмен (теплопередача) – самопроизвольный необратимый процесс распространения теплоты в пространстве. Под понятием – распространение теплоты –

понимается обмен внутренней энергией между отдельными областями рассматриваемой среды.

Температурное поле – совокупность значений температуры в различных точках пространства в разные моменты времени. Результаты проектирования представлены на рис. 2.

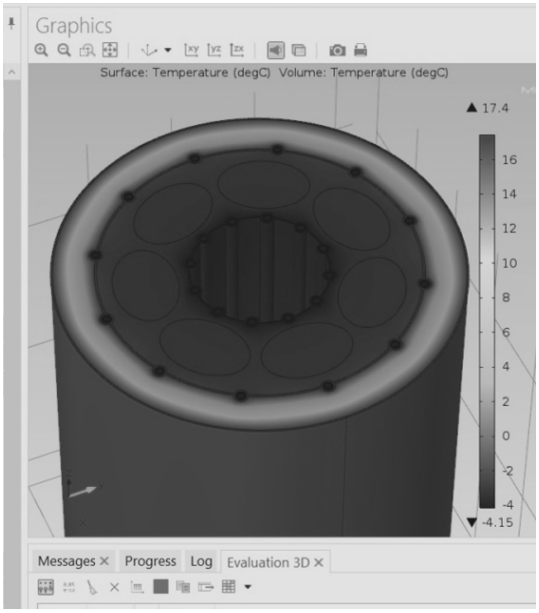


Рис. 2. Поле температур

Анализ результата показывает, что распределение температуры в области хранения продуктов практически равномерно.

Для оценки эффективности тепловой изоляции данной конструкции проводилась оценка теплового потока от наружной поверхности. Теплопотери в окружающую среду составляют Q=6,7 Вт или 0,08%, что говорит о высокой эффективности предлагаемой конструкции теплоизоляции [3].

В настоящей работе предложена новая конструкция устройства для кратковременного хранения фруктов и овощей.

Проведен расчет теплоизоляции устройства для кратковременного хранения плодов и овощей и определены теплопритоки, действующие на охлаждающий аппарат, которые необходимо компенсировать. Данные теплопритоки являются холодопроизводительностью аппарата.

Осуществлено моделирование тепловых полей устройства кратковременного хранения плодов и овощей, на основе которого подобраны оптимальные параметры установки. При соответствии данным рекомендуемым показателям внутри аппарата будет поддерживаться необходимая температура хранения продуктов и теплопотери от изоляции в окружающую среду составят 0,08%.

Проведен расчет экономических показателей проекта, включающий оценку интегрального показателя эффективности проектируемого оборудования и экономического показателя надежности.

По материалам работы получен патент РФ №131996 на полезную модель «Устройство для измельчения фруктов и овощей» от 10.09.2013, патент РФ №138201 на полезную модель «Устройство для резки на части плодов и овощей» от 10.03.2014 и патент РФ №141084 на полезную модель «Устройство для хранения фруктов и овощей» от 27.05.2014.

Литература

1. Комарова Н.А. Холодильные установки: Учебное пособие. В 2 т. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2004. – 125 с.
2. Минаева Т.В., Алексеев Г.В. Устройство для длительного хранения цитрусовых плодов с минимизацией потерь при охлаждении // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2013. – № 2(13) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://processes.open-mechanics.com/articles/826.pdf, своб.
3. Минаева Т.В., Минаева Л.В. Проектирование аппарата длительного хранения овощей и фруктов // III Международная научно-техническая конференция «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений». – 2013. – № 1(13). – С. 298–299.

Мякишева Александра Александровна
Год рождения: 1989
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевой инженерии и автоматизации, кафедра техники мясных и молочных производств, группа № и6253
Направление подготовки: 151000 – Машины и оборудование биотехнологий
e-mail: myakisheva.a@inbox.ru

УДК 67.05+66-2+62-2

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ФОРМЫ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ ЛЕЗВИЯ НОЖА МЯСОИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.А. Мякишева
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.В. Пеленко

В работе рассмотрена возможность преобразования режима резания из рубящего в скользящее, при скоростях, превышающих угловые критические скорости. Получены математические модели, описывающие форму лезвия, обеспечивающую идентичное (равнонапряженное) состояние мясного сырья в любой точке режущей кромки мясоизмельчительного ножа.

Для четырехлезвийного ножа с учетом влияющих факторов, получим значения критических угловых скоростей [1]:

– $\omega_{кр1} = 34{,}8\ с^{-1}$; $n_{кр1} = 332$ об/мин;

– $\omega_{кр2} = 253\ с^{-1}$; $n_{кр2} = 2417$ об/мин.

Рассмотрим кромку лезвия ножа в полярной системе координат. Найдем закон, описывающий такую форму режущей кромки, чтобы угол α между радиус-вектором произвольной точки кривой и касательной в этой точке оставался постоянным.

Работу резания осуществляет усилие в проекции на вектор нормальной компоненты скорости.

$$N_2 = Pv_2^n,$$

$$N_1 = Pv_1^n,$$

где P – удельное усилие резания, Н/м.

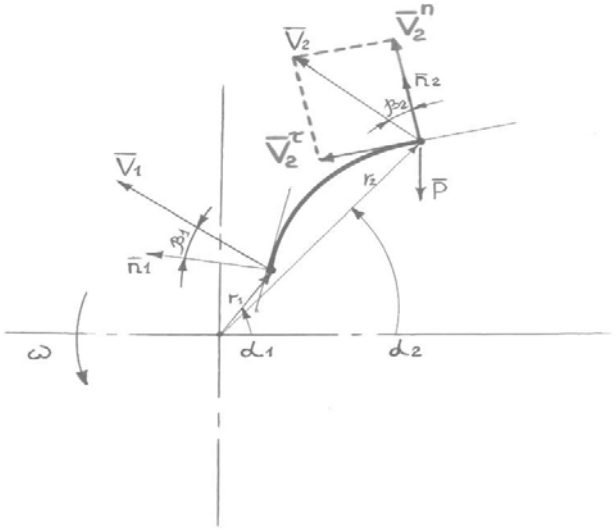


Рисунок. Кромка лезвия ножа в системе координат

Работа скользящего резания равна нулю, так как вектора силы резания и скорости скольжения взаимно перпендикулярны и их скалярное произведение равно нулю [1]:

$A_{ск.рез} = \bar{P}\bar{v}^{\tau} = Pv\cos 90 = 0.$

$V_1^n = v\cos\beta_1 = \omega r_1 \cos\beta_1,$

$v_2^n = v\cos\beta_2 = \omega r_2 \cos\beta_2.$

$N_1 = \omega r_1 \cos\beta_1 P,$

$N_2 = \omega r_2 \cos\beta_2 P.$

Пусть ϕ_1, ϕ_2 – удельная мощность N_1, N_2, приходящаяся на единицу массы (объема) деформируемого материала.

Тогда, для скоростей ниже первой критической:

$$\phi_1 = \frac{N_1}{m_1} = \frac{\omega r_1 \cos\beta_1 P}{m_1},$$

$$\phi_2 = \frac{N_2}{m_2} = \frac{\omega r_2 \cos\beta_2 P}{m_2},$$

где m_1, m_2 – объем материала в данной точке лезвийной кромки, в котором диссипируется энергия резания N_1, N_2 в единицу времени.

$dW = \partial r \cdot \delta \cdot r\,\partial\varphi,$

тогда:

$\partial m_1 = \rho dW_1 = \rho\,\partial r \delta r_1\,\partial\varphi,$

$\partial m_2 = \rho dW_2 = \rho\,\partial r \delta r_2\,\partial\varphi$

или

$$m_1 = \rho\frac{r_1^2}{2}\,\delta\,\partial\varphi,$$

$$m_2 = \rho\frac{r_2^2}{2}\,\delta\,\partial\varphi.$$

ϕ_1 и ϕ_2 примут вид:

$$\phi_1 = \frac{\omega r_1 \cos\beta_1 P}{\rho\,\partial r \delta r_1\,\partial\varphi},$$

$$\phi_2 = \frac{\omega r_2 \cos\beta_2 P}{\rho\,\partial r \delta r_2\,\partial\varphi}.$$

Условие равнонапряженного деформированного (в том числе термического) состояния записывается в форме [2]:

$\phi_1 = \phi_2,$

тогда:

$$\frac{\omega r_1 \cos\beta_1 P}{\rho\,\partial r \delta r_1\,\partial\varphi} = \frac{\omega r_2 \cos\beta_2 P}{\rho\,\partial r \delta r_2\,\partial\varphi},$$

окончательно:

$$\cos\beta_1 = \cos\beta_2, \quad (1)$$

или

$$\beta_1 = \beta_2.$$

Таким образом, для ненапряженных условий работы мясорубок и волчков, когда максимальные скорости лезвия ниже первой критической, форма режущей кромки должна обеспечивать постоянство угла скольжения β. В полярных координатах такая форма описывается в аналитической геометрии уравнением логарифмической спирали.

Для скоростей выше первой критической имеет место ударное взаимодействие режущей кромки с измельчаемым сырьем. В этом случае можем записать закон сохранения количества движения в виде:

$$P\partial r \cdot \tau = v\cos\beta\,\partial m.$$

При линейной скорости v не превышающей скорости распространения возмущения (звука) в мясном сырье, можем записать: $v=\omega r$, тогда в конечных переменных:

$$Pr \cdot \tau = \omega r\cos\beta\, m.$$

Учитывая, что $\tau = \varphi/\omega$, запишем:

$$Pr\frac{\varphi}{\omega} = \omega r\cos\beta\, m.$$

Переходя к удельным мощностям для двух точек лезвийной кромки, получим:

$$\phi_1 = \frac{\omega r_1\cos\beta_1 m_1}{\omega m_1},$$

$$\phi_2 = \frac{\omega r_2\cos\beta_2 m_2}{\omega m_2},$$

или

$$\phi_1 = r_1\cos\beta_1,$$

$$\phi_2 = r_2\cos\beta_2.$$

Приравнивая ϕ_1 и ϕ_2 запишем:

$$r_1\cos\beta_1 = r_2\cos\beta_2. \quad (2)$$

Для случая высоких скоростей резания, превышающих скорость распространения возмущения (звука) в мясном сырье, время взаимодействия лезвийной кромки с продуктом в процессе измельчения может быть принято обратно пропорциональным величине линейной скорости.

Скоростное ударное резание, характерное для куттеров, описывается следующим уравнением сохранения количества движения:

$$P\,\partial r \cdot \tau = mV\cos\beta,$$

тогда:

$$V = \frac{P\,\partial r\cdot\tau}{mV\cos\beta}.$$

При этом удельная мощность энергии, выделяемой в единичном объеме продукта массы m, составляет величину:

$$\phi = \frac{N}{m},$$

где

$$N = \frac{E}{\tau}.$$

Энергия E массы m, диссипируемая в продукте записывается в виде:

$$E = \frac{mV^2}{2},$$

тогда:

$$N = \frac{mV^2}{2\tau},$$

в этом случае:

$$\phi = \frac{V^2}{2\tau}.$$

Учитывая значение *V*, получаем:

$$\phi = \frac{P^2(\partial r)^2\tau^2}{m^2\cos^2\beta 2\tau},$$

или для $\partial m = \rho(r\,\partial\varphi)\delta\,\partial r$ запишем:

$$\phi = \frac{P^2(\partial r)^2\tau}{2\cos^2\beta\rho^2 r^2(\partial\varphi)^2\delta^2(\partial r)^2},$$

или

$$\phi = \frac{P^2\tau}{2\cos^2\beta\rho^2 r^2(\partial\varphi)^2\delta^2}.$$

Условия равнонапряженного деформированного состояния в каждой точке лезвийной кромки с учетом принятого допущения

$$\tau = \frac{1}{V} = \frac{1}{\omega\tau},$$

примет вид:

$$\frac{P^2}{2\cos^2\beta_1\rho^2 r_1^2(\partial\varphi)^2\delta^2\omega r_1} = \frac{P^2}{2\cos^2\beta_2\rho^2 r_2^2(\partial\varphi)^2\delta^2\omega r_2},$$

или

$$\cos^2\beta_1 r_1^3 = \cos^2\beta_2 r_2^3, \qquad (3)$$

тогда:

$$\cos\beta^2 = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^{3/2}\cos\beta_1.$$

Таким образом, оптимальная форма лезвийной кромки куттерного ножа описывается полученным уравнением (3) и может быть построена (прорисована) при заданных координатах начальной точки и выбранной величине r_2. Полученная математическая модель, описывающая форму лезвия, обеспечивает равнонапряженное состояние мясного сырья в любой точке режущей кромки, что гарантирует предотвращение локального перегрева материала и его чрезмерное мятие.

Литература

1. Пеленко В.В., Зуев Н.А., Ольшевский Р.Г., Азаев Р.А., Кузьмин В.В. Оптимизация формы режущей кромки рабочих органов измельчительного оборудования // Сб. науч. тр. «Актуальные проблемы совершенствования торгово-технологического оборудования и повышение экономической эффективности торговых предприятий. – 2007. – С. 66–73.
2. Пеленко В.В., Зуев, Н.А., Ольшевский Р.Г., Кондратов А.В., Кузьмин В.В., Хатченко Е.П., Азаев Р.А. Оптимизация формы режущих элементов измельчительного оборудования // Межвуз. сб. науч. тр. Ч.1 «Развитие теории и практики создания оборудования для переработки пищевой продукции». – 2004. – С. 14–17.

Паланджян Давид Ашотович
Год рождения: 1991
Инженерно-физический факультет, кафедра лазерные технологии и экологическое приборостроение, группа № 6232
Направление подготовки: 200500 – Лазерная техника и лазерные технологии
e-mail: okamirue@gmail.com

УДК 681.7.063

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАПИСИ РЕШЕТОК БРЭГГА В АНИЗОТРОПНОМ ОДНОМОДОВОМ ВОЛОКОННОМ СВЕТОВОДЕ С ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ НАПРЯГАЮЩЕЙ ОБОЛОЧКОЙ ИЗЛУЧЕНИЕМ ARF-ЭКСИМЕРНОГО ЛАЗЕРА

Д.А. Паланджян
Научный руководитель – д.т.н., профессор Е.Б. Яковлев

В работе рассматривалась возможность записи волоконных брегговских решеток (ВБР) в анизотропном одномодовом волоконном световоде с эллиптической напрягающей оболочкой излучением ArF-эксимерного лазера (ЭЛ) с длиной волны излучения 193 нм.

Преимущества ВБР в сравнении с другими отражающими элементами – это широкое разнообразие получаемых спектральных и дисперсионных характеристик, многие из которых могут быть реализованы только на основе волоконных решеток показателя преломления (ПП), полностью волоконное исполнение, низкие оптические потери, относительная простота изготовления и ряд других [1, 2].

Анизотропное одномодовое волокно с эллиптической напрягающей оболочкой представляет собой волокно со сложной структурой из шести слоев, два из которых имеют эллиптический вид. Благодаря такой структуре волокно может сохранять поляризацию введенного излучения. Такие волокна используются для создания оптических гироскопов, волоконно-оптических гидроакустических антенн и других измерителей с высокой чувствительностью.

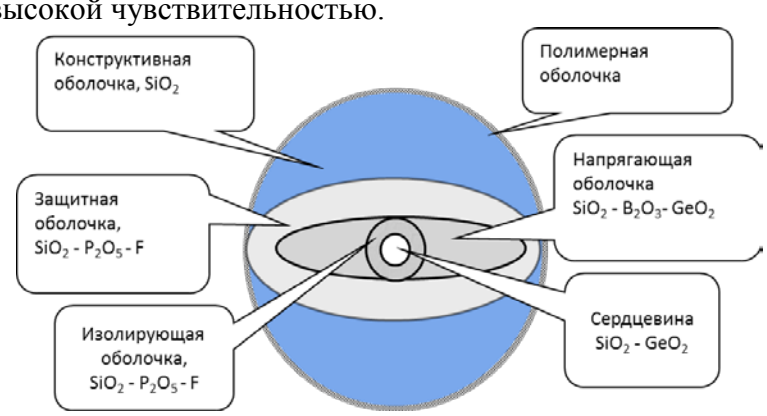


Рис. 1. Поперечное сечение двулучепреломляющего волокна [3]

Для осуществления этого в волокнах записываются ВБР. На сегодняшний день ВБР были записаны в двулучепреломляющее оптическое волокно (ОВ) различных типов: с эллиптической сердцевиной, «галстук-бабочка», PANDA. Запись на длине волны 193 нм редко встречается в литературе, ввиду сильного поглощения излучения с такой длиной волны всеми материалами.

Для работы была собрана экспериментальная установка, основанная на записи методом фазовой маски (ФМ). Схема установки приведена на рис. 2.

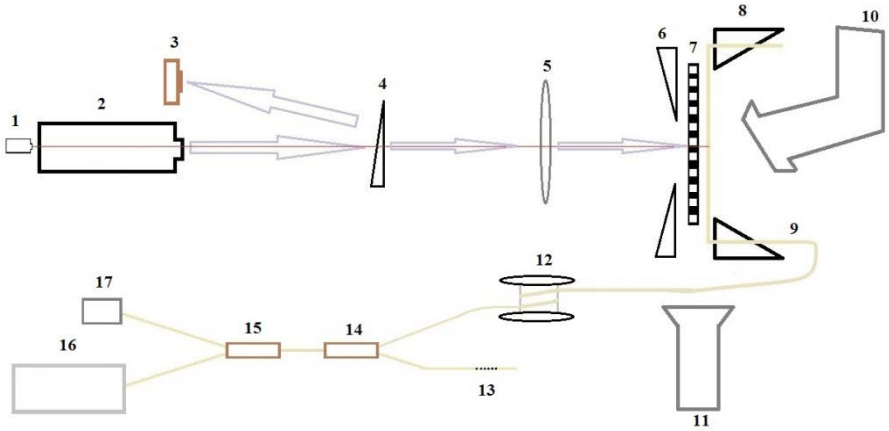


Рис. 2. Схема экспериментальной установки: 1 – юстировочный лазер; 2 – эксимерный лазер; 3 – измеритель энергии; 4 – делительная пластинка; 5 – цилиндрическая линза; 6 – диафрагма; 7 – фазовая маска; 8 – держатель волокна; 9 – волокно; 10 и 11 – микроскопы; 12 – катушка; 13 – калибровочная решетка; 14 и 15 – *Y*-разветвители; 16 – спектроанализатор; 17 – широкополосный источник света

В начале эксперимента все элементы установки юстировались с помощью красного юстированного лазера 1, затем очищенное волокно, закрепленное на подвижке 8, прижималось к фазовой маске 7, и сфокусированным излучением ЭЛ 2 проводилась запись.

Запись решеток велась в разных режимах, которые задавались, меняя расстояния между ФМ и линзой и напряжение на тиратроне ЭЛ.

Для измерения отражательных способностей записанных ВБР использовалась схема из двух *Y*-разветвителей 15 и 14, присоединенных друг к другу одиночными концами. Во входные ветви разветвителя 15 подключались спектроанализатор 17 и источник света 16, а во входные ветви 14: калибровочное волокно 13 и волокно, на котором производилась запись 9. Свет из источника, проходя через разветвители, попадал в оба волокна и, отражаясь на обеих решетках, частично попадал в спектроанализатор, зная длину волны (1549,5 нм) и коэффициент отражения (КО) (80%) калибровочной решетки, можно было рассчитать коэффициент новой решетки. В установке использовались эрбиевый суперлюминисцентный источник излучения ESS-30-S производства ИРЭ-Полюс, спектроанализатор Avesta HP-70951B с диапазоном измерений 600–1700 нм и разрешающей способностью в 0,1 нм.

Запись решеток проводилась в волокнах с 12 мол.% (SP-25) и 18 мол.% (SP-16) концентрацией германия в сердцевине.

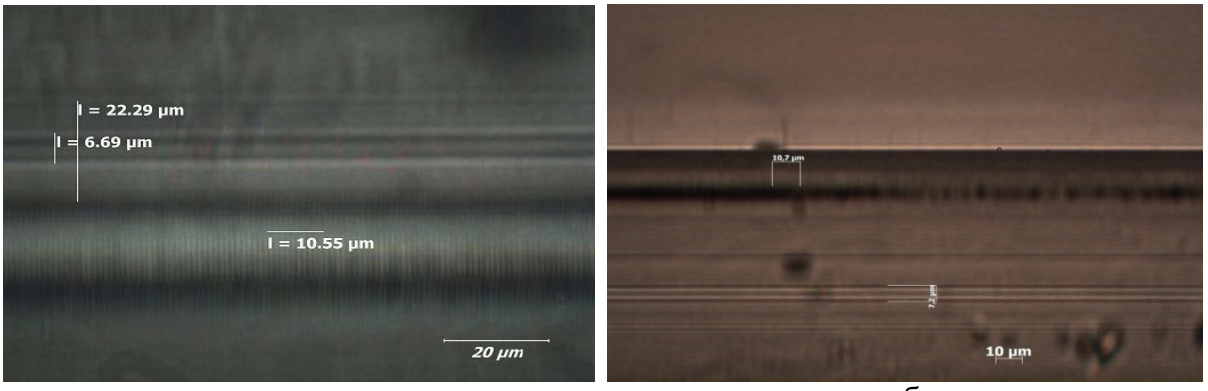
Основной особенностью анизотропных одномодовых волокон с эллиптической напрягающей оболочкой является способность сохранения поляризации введенного в волокно излучения. Это явление широко используется в современных оптических волоконных технологиях для повышения точности измерительных систем.

Первой экспериментальной задачей в работе было выяснение возможности записи брэгговских решеток в двулучепреломляюших волокнах с эллиптической напрягающей оболочкой излучением ArF-ЭЛ и расчет энергетических порогов записи: минимальной плотности энергии, при которой на волокне записывается решетка, и максимальной плотности энергии, при которой не разрушается ФМ.

Видимые разрушения на ФМ появлялись при облучении последней импульсом с плотностью энергии выше 1000 мДж/см^2, что подтверждало данные, представленные производителем.

Нижний же порог, при котором осуществлялась запись, составил около 200 мДж/см^2. Были получены решетки с КО 0,05% при плотности мощности излучения на ФМ 236 мДж/см^2.

В процессе исследований получены решетки с диапазоном КО от 0,05% до 100%. При этом плотность энергии излучения менялась в диапазоне от 236 мДж/см^2 до 871 мДж/см^2.



а б

Рис. 3. Локализация ВБР на границах: сред между эллиптической и 20-микронной оболочкой (а); на границе защитной и полимерной (б)

Исследования показали, что при одинаковых режимах записи можно получить решетки с разным КО. Это свидетельствует о том, что на процесс возникновения решетки влияют и другие факторы, кроме энергии импульса, такие как: расположения волокна внутри ультрафиолетового (УФ) излучения, угол между главной осью напрягающей оболочки и направлением УФ-излучения, расположение волокна по отношению к ФМ (насколько хорошо подведено волокно). Также из-за этого трудно вывести форму зависимости КО от энергии записи.

Одноимпульсная запись ВБР создает периодическую структуру в ОВ, пространственный период которой соответствует периоду ФМ.

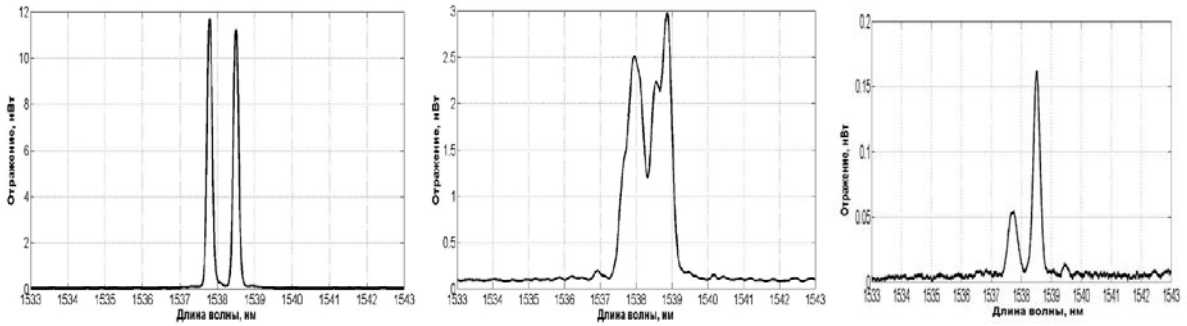
После записи решетки волокно помешалось под микроскоп для просмотра положения решетки и измерения ее периода. Использовался микроскоп марки Zeiss Axio Imager A1. Рассеяние на ВБР красного излучения помогало быстрее обнаружить решетку.

Наличие в данном двулучепреломляющем ОВ нескольких границ раздела двух сред с различным ПП, на которых происходит локализация ВБР (рис. 3), может позволить записывать поляризационно-селективные решетки, воздействующие на быструю или медленную ось анизотропного ОВ. Это может быть использовано в фазовых интерферометрических датчиках.

Измерение спектральных характеристик решеток. На рис. 4 продемонстрированы спектры отражения ВБР, полученные на спектроанализаторе Hewlett-Packard 70951B с диапазоном измерений 600–1700 нм и разрешающей способностью в 0,1 нм, записанной одиночным импульсом в двулучепреломляющее ОВ с эллиптической напрягающей оболочкой с содержанием GeO_2 18 мол.% (SP-16), была записана со средней плотностью энергии в импульсе на ОВ около 450 мДж/см^2. КО решетки составил порядка 40%.

Наличие двух пиков отражения обусловлено тем, что решетка индуцирована в двулучепреломляющее ОВ. Так как эффективный ПП для каждой из выделенных осей анизотропного волокна различный, то и длина волны брэгговского резонанса будет отличаться для света, распространяющегося по быстрой и медленной оси

двулучепреломляющего световода. В продемонстрированных образцах разница длин волн брэгговского преломления достигает до 1 нм.



а б в

Рис. 4. Спектры отражения решеток: R=40%, Q=453 мДж/см^2 (а); R=80%, Q=510 мДж/см^2 (б); R=1,5%, Q=453 мДж/см^2 (в)

На рис. 4, в, показан спектр отражения ВБР, записанный с теми же параметрами. Но при этом ее КО составил 1,5%. Также из этой спектрограммы видно, что отношение КО разных осей может достигать до 1:3.

Увеличив среднюю плотность энергии на ОВ до ~500 мДж/см^2, ВБР с КО около 80% (рис. 4, б) была записана в двулучепреломляющее ОВ с эллиптической напрягающей оболочкой с содержанием GeO_2 18 мол.%.

Наведенная модуляция ПП ВБР на рис. 4, а, составляет порядка $3{,}6\times10^{-5}$, в то время как наведенная модуляция ПП ВБР на рис. 4, б, может достигать 10^{-4}. Увеличение величины модуляции ПП ведет к уменьшению рабочей длины решетки, что, в свою очередь, приводит к уширению спектра. Из-за этого уширения пики отражения двух ортогональных поляризаций перекрываются.

Заключение. Целью работы было исследование записи решеток Брэгга в анизотропном одномодовом волоконном световоде с эллиптической напрягающей оболочкой излучением ArF-эксимерного лазера.

Результаты:

- собран экспериментальный стенд для проведения исследований записи ВБР на основе ArF-ЭЛ с длиной волны излучения 193 нм методом ФМ. Проведены записи решеток в анизотропном одномодовом волоконном световоде с эллиптической напрягающей оболочкой;
- проведено исследование по визуализации решеток Брэгга с помощью оптического микроскопа Zeiss Axio Imager A1m. Изучены свойства решеток, измерены их КО, сделаны микрофотографии волокон с записанными ВБР;
- проведено исследование режимов записи брэгговских решеток. Получены решетки с разным коэффициентом отражения от 0,05% до 100%, записанные при разных энергетических режимах, запись проведена в волокнах с разной концентрацией GeO_2. Найдены рабочие пороги записи (от 240 до 1000 мДж/см^2);
- получены решетки с разным расположением ВБР по отношению к сердцевине волокна. Это явление может быть использовано для записи поляризационно-селективных элементов;
- создан стенд для изучения процесса термического воздействия на волоконную решетку CO_2 лазерным источником;
- изучена зависимость сдвига длины волны брэгговского резонанса волоконной решетки от времени воздействия излучением CO_2-лазера. Определена зависимость изменения ширины спектра ВБР от времени воздействия излучением CO_2-лазера.

Полученные ВБР могут использоваться как фазово-интерференционные датчики в различных температурных датчиках при создании измерительных систем нового поколения, таких как волоконно-оптический гидрофон или система мониторинга протяженных объектов (трубопроводы, железные дороги, границы). Особое внимание заслуживает возможность записи ВБР вне сердцевины волокна, и создания оптических селективных элементов в волокнах, дальнейшее и более подробное изучения этого явления является актуальной задачей для продолжения работы.

Литература

1. Васильев С.А., Медведков О.И., Королев И.Г., Божков А.С., Курков А.С., Дианов Е.М. Волоконные решетки показателя преломления и их применения // Квантовая электроника. – 2005. – № 35(12). – С. 1085–1103.
2. Васильев С.А., Дианов Е.М., Курков А.С., Медведков О.И., Протопопов В.Н. Фотоиндуцированные внутриволоконные решетки показателя преломления для связи мод сердцевина-оболочка // Квантовая электроника. – 1997. – № 24(2). – С. 151–154.
3. Дианов Е.М., Буфетов И.А., Машинский В.М., Неуструев В.Б., Медведков О.И., Шубин А.В., Мелькумов М.А., Гурьянов А.Н., Хопин В.Ф., Яшков М.В. Волоконные ВКР-лазеры с длиной волны генерации более 2 мкм // Квантовая электроника. – 2004. – № 34(8). – С. 695–697.

Посевкин Руслан Владимирович
Год рождения: 1991
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6111
Направление подготовки: 230100 – Информатика
и вычислительная техника
e-mail: rus_posevkin@mail.ru

УДК 004.4

АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕНТИМЕНТ-АНАЛИЗА ТЕКСТА

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

Описание и актуальность проблемы. Проблема управления текстом представляет большой интерес для тех сфер общества, которые оперируют текстовыми документами. Особо остро данная проблема относится к сферам образования, журналистики, культуры, издательской деятельности. Эффективность данных сфер напрямую связана с качеством текста, а умения и навыки работы с ним входят в состав профессиональных требований [1].

В последнее время происходит интенсивное развитие сети Интернет. Увеличивается как количество активных пользователей, так и объем генерируемого контента. Подобный контент появляется в различном виде. Пользователи оставляют сообщения на форуме, создают посты в блогах, комментируют и оставляют отзывы на товары в интернет-магазинах. Наибольшее количество контента генерируется посредством социальных сетей.

Все это содержимое несет в себе большое количество информации, которую возможно использовать. Однако эта информация представлена естественным языком в неструктурированном виде. Структурированная информация может быть получена путем опросов, что влечет за собой увеличение финансовых вложений и количества трудозатрат в целом.

Для этого существует отдельное направление, получившее название «обработка естественного языка». Данное направление относится к компьютерной лингвистике и искусственному интеллекту. Методы обработки естественного языка позволяют извлекать различную информацию из обычного текста на естественном языке. Анализ тональности текста является одним из наиболее перспективных направлений компьютерной лингвистики.

Благодаря анализу тональности текста можно извлекать из текстового материала как эмоционально окрашенную лексику, так и эмоциональное отношение авторов текста по отношению к тем объектам, о которых в тексте идет речь. Многие из существующих систем используют бинарную оценку, где существует «положительный сентимент» или «отрицательный сентимент». В то же время, ряд систем позволяет определять еще и силу тональности [2].

В современном мире на принятие решений в той или иной ситуации зачастую влияет мнение других людей. Покупатель изучает отзывы о товаре, прежде чем приобрести его в интернет-магазине, также человек узнает мнение окружающих, прежде чем проголосовать за того или иного кандидата на выборах различного уровня. Аналогичным образом долго и тщательно происходит отбор ВУЗа, места работы и ресторана, который планируется для посещения. Данная информация представляет значительный интерес для маркетологов, социологов и различных других специалистов.

Более того, для владельцев интернет-сайтов важно знать мнение текущих пользователей. Это может быть мнение относительно сделанного на портале нововведения, свежей новости или оценка покупателем товара в интернет-магазине.

Сентимент-анализ текста является важным этапом извлечения знаний из неформализованных документов, поскольку обеспечивает возможность оценивать степень доверия к источникам. Таким образом, разработка системы автоматизированной обработки текста на естественном языке является актуальной задачей.

Цель и задачи исследования. Целью работы являлась автоматизация сентимент-анализа естественно-языкового текста.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие исследовательские задачи:

1. провести анализ существующих методов обработки естественного языка и определения тональности;
2. разработать программную систему автоматизированного сентимент-анализа текста на русском языке;
3. провести оценку работоспособности разработанной программы и алгоритма сентимент-анализа текста.

Область исследования. Областью исследования проекта является компьютерная лингвистика. Данное научное направление ставит своей целью использование математических моделей для описания естественных языков.

Объект исследования. Объектом исследования работы является естественно-языковой текст на русском языке.

Предмет исследования. Предметом исследования научно-исследовательского

проекта является разработка программной системы, производящей сентимент-анализ естественно-языкового текста на русском языке.

Научная новизна исследования. Научная новизна заключается в следующем:

1. описывается процедура получения оценки тональности предложения на основе тональной оценки каждого из слов, входящих в предложение, с использованием словарей тональности;
2. разработана программная система сентимент-анализа естественно-языкового текста. Словари тональности представлены в открытом и удобочитаемом виде. Таким образом, появится возможность для расширения и правки уже существующей информации. Программная система сентимент-анализа русскоязычного текста, реализованная на открытых словарях тональности, разработана впервые.

Практическая значимость исследования. Разработанная программная система позволяет производить сентимент-анализ текста на русском языке, представленного в естественном виде. Данная система может применяться в тех областях, где требуется обработать большое количество информации с целью определения мнения объекта о субъекте высказывания. В качестве примера служит область социологии и политологии. Таким образом, с помощью сентимент-анализа отзывов и переписки людей на форумах, станет возможным автоматически оценивать общественное мнение относительно обсуждаемых событий.

Тональность текста в целом определяется лексической тональностью составляющих его единиц и правилами их сочетания.

Тональность текста определяется тремя факторами:

1. субъект тональности;
2. тональная оценка;
3. объект тональности.

Субъектом тональности является автор текста, объект тональности – то, о чем или ком идет в тексте речь. Тональная оценка может быть представлена в одном из следующих видов:

- бинарный (положительный/отрицательный);
- тернарный (положительный/нейтральный/отрицательный);
- ранжированный.

Полярность документа можно определять по бинарной шкале. В этом случае для определения полярности документа используется два класса оценок: позитивная или негативная. Одним из минусов данного подхода является то, что эмоциональную составляющую документа не всегда можно однозначно определить, т.е. документ может содержать как признаки позитивной оценки, так и признаки негативной.

Можно классифицировать полярность документа по многополосной шкале. Возможно расширить классификацию киноотзывов от оценки «положительный или отрицательный» в сторону прогнозирования рейтинга по 3-х или 4-балльной шкале. В то же время для проведения более глубокого анализа обзоров ресторанов используется оценка по 5-балльной шкале. Таким образом, при составлении рейтингов, учитываются различные свойства, такие как еда и атмосфера.

Другим методом определения тональности является использование систем шкалирования, посредством чего словам, обычно связанным с отрицательными, нейтральными или позитивными тональностями, ставятся в соответствие числа по шкале от −10 до 10 (от самого отрицательного к самому положительному). Вначале фрагмент неструктурированного текста исследуется с помощью инструментов и алгоритмов обработки естественного языка, а затем выделенные из этого текста объекты и термины анализируются с целью понимания значения этих слов [3].

Другое исследовательское направление – это идентификация субъективности/объективности. Эта задача обычно определяется как отнесение текста к одному из двух классов: «субъективный» или «объективный». Эта проблема может быть более сложной, чем классификация полярности: субъективность слов и фраз может зависеть от их контекста, а объективный документ может содержать в себе субъективные предложения (например, новостная статья, цитирующая мнения людей). Более того, результаты в большей степени зависят от определения субъективности, употребляющейся в рамках аннотации текстов.

Существует три основных метода определения тональности текста:

1. анализ текста методами векторного анализа. Представляет собой сравнение с ранее размеченным эталонным корпусом по мере близости и классификация текста к той или иной оценке на основании сравнения;
2. поиск лексической тональности в тексте по заранее составленным тональным словарям (спискам паттернов) с применением лингвистического анализа;
3. смешанный метод.

Первый метод требует наличия предварительно размеченного эталонного корпуса, на основе которого происходит обучение алгоритма сравнения. Данный метод не позволяет провести глубокий анализ текста, т.е. выявить и показать эмотивность на уровне предложения.

В разрабатываемом программном средстве используется метод, основанный на словарях тональности. Данный метод более гибок: он позволяет не только показать цепочки тональной лексики, но и получить синтаксически корректные эмоциональные выражения. При хорошем наполнении тональных словарных списков этот метод позволяет достичь хорошей полноты.

Тональная оценка представляет собой набор из пяти значений, где каждое значение определяет степень принадлежности к тому или иному классу тональности. В данном случае, определены следующие классы:

- крайне отрицательное (Very Negative);
- отрицательное (Negative);
- нейтральное (Neutral);
- положительное (Positive);
- крайне положительное (Very Positive).

Для расчета тональной оценки для предложения в целом применяется метод, основанный на теоретико-графовых моделях. В основе этого метода используется предположение о том, что не все слова в текстовом корпусе документа равнозначны. Какие-то слова имеют больший вес и сильнее влияют на тональность текста. Таким образом, итоговая оценка тональности определяется как отношение оценки положительной составляющей текста к ее отрицательной составляющей.

$$S^* = \sum_{i=1}^{N} (S4_i + S5_i) / \sum_{i=1}^{N} (S1_i + S2_i). \quad (1)$$

Формула для расчета тональной оценки предложения имеет вид (1), где приняты следующие обозначения: S^* – тональная оценка предложения; S=[$S1$, $S2$, $S3$, $S4$, $S5$], S – тональная оценка слова, $S1$, $S2$ – отрицательная составляющая тональной оценки слова, $S4$, $S5$ – положительная составляющая тональной оценки слова; N – количество слов в предложении.

Предложение, в котором значение S^* близко к некоторому значению K, вычисляемому экспериментально, будет считаться нейтральным, если его превосходит – положительным. Если меньше этого значения – отрицательным.

Проведены эксперименты по оценке работоспособности разработанных алгоритмов оценки тональности текста программного средства. В качестве условия проведения эксперимента выступают отзывы пользователей электроники и бытовой техники (сервис «Яндекс.Маркет») и отзывы зрителей на кинофильмы (сервис «Кинопоиск»).

Проводится анализ предложений из случайных отзывов пользователей с помощью разработанного программного средства сентимент-анализа. Анализируются как положительные, так и отрицательные отзывы.

В данных системах пользователь, публикуя отзыв на сайте, определяет тип рецензии: положительная/отрицательная/нейтральная.

В эксперименте сравнивается сентимент, полученный в результате анализа разработанным программным средством, и сентимент, который определил пользователь при публикации отзыва.

По результатам экспериментов, точность разработанной программной системы сентимент-анализа составляет 78%.

Литература

1. Бессмертный И.А., Джалиашвили З.О., Максимов В.В., Маркин Д.А. Лингвооценочное управление текстом // Материалы X Международной конференции «Применение новых технологий в образовании». – 1999 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.bytic.ru/cue99M/cx1v6d3gym.html, своб.
2. Ермаков С.А., Ермакова Л.М. Методы оценки эмоциональной окраски текста // Вестник Пермского университета. – 2012. – № 1. – С. 85–89.
3. Меньшиков И.Л., Кудрявцев А.Г. Обзор систем анализа тональности текста на русском языке // Молодой ученый. – 2012. – № 12. – С. 140–143.

Рудакова Мария Сергеевна
Год рождения: 1991
Инженерно-физический факультет, кафедра лазерной техники и биомедицинской оптики, группа № 6222
Направление подготовки: 200500 – Лазерная техника и лазерные технологии
e-mail: RudakovaMS@bk.ru

УДК 535.31:681.7; 681.382.473.84

РАЗРАБОТКА МИКРОПРОЕКТОРНОЙ СИСТЕМЫ СМЕШАННОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ НА ПЛОСКИХ ВОЛНОВОДНЫХ ЭКРАНАХ

М.С. Рудакова
Научный руководитель – к.т.н., доцент С.А. Смирнов

В последнее десятилетие в патентной литературе и статьях можно найти много информации о системах ввода изображения в глаз наблюдателя от отражательных микродисплеев, снабженных осветительной системой. Изображение с экрана микродисплея формируется малогабаритным коллиматорным объективом, затем вводится в двухмерную растровую систему (комбинер), создающую необходимое поле

обзора и обеспечивающую формирование изображения в виде растрово-символьной информации на сетчатке глаза на фоне окружающего пространства [1]. В таком случае наблюдатель видит интересующий объект в проходящем свете, а в отраженном свете предоставляется возможность видеть дополнительное изображение с микродисплея [2].

Область использования подобных систем достаточно широка: гражданская и военная авиация, медицинское оборудование, автомобилестроение и т.п. Особо широкое применение такие приборы получают в области тренажерных систем, позволяющих проводить подготовку персонала – пилотов, космонавтов и т.д., для которых требуется максимальное приближение к реальной обстановке с целью повышения качества обучения. Как видно, возможная область применения простирается в очень широких пределах, поэтому актуальность разработки и реализация такого устройства очевидны.

Кроме того, стоит заметить, что на сегодняшний день отсутствуют точные расчетные модели и алгоритмы решения задач трассировки лучей от плоскости предметов до плоскости изображения, формируемой на сетчатке глаза человека. При этом проведение расчетов с существующими специализированными программными продуктами, такими как ZEMAX или MOPS, затруднено в виду больших массивов лучей и поверхностей, которые необходимо рассмотреть при построении данных систем [1]. В связи с этим актуальность работы также связана и с решением указанных проблем и, соответственно, созданием моделей расчета микропроекторных систем индикации.

Основной **целью работы** являлась разработка методов и алгоритмов расчета и проектирования компактных оптических систем современных микропроекторов. В рамках работы также рассматривались вопросы, связанные с возможными вариантами оценки качества формируемого изображения с целью дальнейшей разработки средств контроля качества таких микропроекторных систем.

Среди патентной литературы наиболее распространенным методом обеспечения работы комбинера является использование голографических оптических элементов. Однако отражательная способность голографических комбинеров сильно зависит от угла падения и длины волны, что ограничивает создание, прежде всего, цветных дисплеев [3]. Проблемой является и то, что те программные продукты, которые существуют на сегодняшний день, не всегда могут реализовать полную и правильную работу с голографическими элементами. И при построении одних и тех же моделей в разных программных продуктах можно получить различные выходные данные, что сильно усложняет процесс анализа. Выходом из ситуации может быть применение моделей, которые по своим характеристикам близки к голографическим элементам и выполняют ряд функций, присущих голограммам и дифракционным решеткам.

В виду этого была рассмотрена система на плоских волноводных экранах призменного типа. Данный принцип заключается в том, что излучение доставляется до глаз наблюдателя посредством распространения излучения через призменные элементы (ТР-слои), на которые нанесено отражающее/пропускающее покрытие, осуществляющее селекцию пучков. Естественно данный принцип построения имеет свои плюсы и минусы, так, например, решение с частично отражающими/пропускающими слоями предполагает более сложные технологические процессы: чем больше число таких слоев в структуре, тем этот процесс будет сложнее и дороже. А вместе с тем, число призм тем больше, чем меньше толщина мультипликатора. Таким образом, данное решение будет не конкурентоспособно, если потребуется создать световод, толщина которого, к примеру, менее 3 мм [4]. Однако в то же время, данный метод достаточно прост с точки зрения математического описания и физических явлений, возникающих при распространении излучения внутри структуры.

Данная структура состоит из призменных элементов, которые составляют экран комбинера 3–8. На рисунке показана принципиальная схема транспортировки излучения: изображение с микродисплея 1 поступает на оптическую систему 2, затем на экран 3–8, и транспортируется до плоскости наблюдения 9. Основными элементами структуры экрана 3–8 являются два скрещенных призменных блока: блок 3–5, именуемый мультипликатором горизонтального поля (МГП), и блок 6–8 – мультипликатор вертикального поля (МВП). Количество элементов (призм) в мультипликаторах полей может быть различным, в зависимости от толщины устройства и требуемого поля зрения. Излучение в мультипликаторы вводится через входные призмы 3, 6, поверхность которых выполнена в виде зеркал [1]. Угол наклона входных призм и ТР-слоев в мультипликаторе равен α. Однако возможна такая ситуация, когда угол в основании входной призмы и угол наклона ТР-слоев различны.

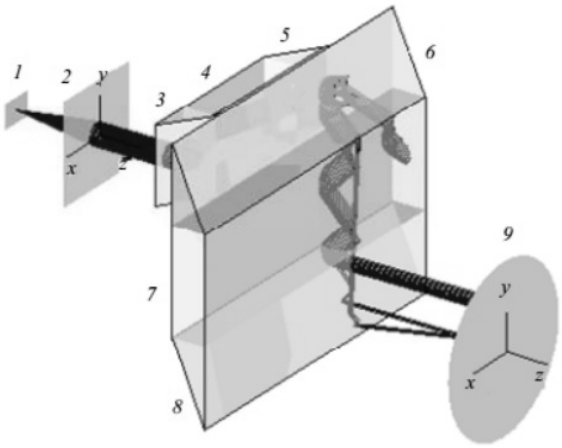


Рисунок. Плоский волноводный экран

На основе данной системы были получены аналитические выражения, позволяющие модифицировать систему в зависимости от изменения условий ввода излучения, наличия полевого угла и изменения таких параметров системы, как толщина и наклон угла слоев (призм).

На основе полученных аналитических выражений в программном продукте TracePro было проведено моделирование нескольких вариантов с целью оценки качества изображения и работоспособности системы в целом. Анализ распределения плотности мощности на экране и сетчатке глаза осуществлялся по яркости изображения в зрачковой зоне, равномерности освещения изображения, наличию слепых зон и потерям в оптическом тракте. Система считалась работоспособной в том случае, если яркость в зрачковой зоне была не менее 50 нит, а потери в оптическом тракте не превышали 40%. Изображение регистрировалось на экране и сетчатке глаза человека, так как именно на сетчатке происходит окончательное формирование изображения. Хотя данная модель глаза и не является динамической, а повторяет лишь архитектуру глаза со свойствами, присущими тканям, без психофизических свойств самого зрительного аппарата, но, тем не менее, позволяет оценить работоспособность системы и качество получаемого распределения.

Во всех рассмотренных случаях наблюдалась неравномерность в освещенности по полю, которая не превышала 50%, что отвечает требованиям к таким устройствам. В дальнейшем данный параметр можно улучшить путем подбора оптимальных параметров системы. Было выяснено, что система работает и обеспечивает тиражирование световых лучей, заполняющих выходной зрачок коллиматорного объектива. В общем случае были выявлены тенденции, которые позволяют судить о том, какие варианты можно считать более приемлемыми для дальнейшего изучения и

анализа. В целом проделанная работа позволяет говорить о том, что была разработана модель расчета комбинера на плоских волноводных экранах призменного типа.

Были изучены методы оценки качества изображения, которые являются важным этапом любого технологического процесса. Были предложены варианты оценки качества изображения при помощи специализированного продукта Imatest на примере системы PD-18. Но возникла проблема касаемо регистрации изображения: изображение, регистрируемое фотокамерой, оказалось хуже по качеству, чем то изображение, что видно глазом через комбинер. И проводить оценку качества по подобному роду снимкам оказалось нецелесообразно, так как получалось, что проводится анализ не системы, а фотокамеры.

Выходом может быть подборка такой аппаратуры, которая будет минимально искажать изображение от системы PD-18, а также необходимы подборка условий и геометрии проведения съемки. Для корректного анализа изображения необходимо, чтобы характеристики объектива были близки к характеристикам человеческого глаза. Только в таком случае можно говорить, что съемка максимально приближена к реальным условиям.

Также были рассмотрены варианты оценки качества изображения при помощи специальных телевизионных испытательных таблиц. Однако такая оценка субъективна, так как происходит визуально и базируется на свойствах зрительной системы каждого человек. Кроме того, такая оценка для большинства параметров не носит количественного характера, а значит, не будет каких-либо данных для последующего сравнения систем. Но такая оценка дает возможность понять рамки применения прибора и его возможности по передаче изображения.

Таким образом, следующим этапом в изучении микропроекторных систем смешанной и дополненной реальности является изучение свойств глаза человека с целью составления представления о процессе формирования изображения на сетчатке глаза и более глубокого анализа полученных данных, а также для составления геометрических условий проведения эксперимента по оценке качества изображений микропроекторных систем. Планируется проводить моделирование комбинера при подаче на входную призму распределения плотности мощности в виде конкретного изображения. Это необходимо чтобы в большей степени оценить искажения и потери, которые возникают при прохождении излучения через комбинер. При получении положительных результатов планируется реализация опытного образца комбинера.

Литература

1. Гримм В.А., Рудакова М.С., Смирнов С.А. Микропроекторные системы смешанной и дополненной реальности на плоских волноводных экранах // Изв. вузов. Приборостроение. – 2013. – Т. 56. – № 9. – С. 84–89.
2. Бахолдин А.В., Васильев В.Н., Гримм В.А., Романова Г.Э., Смирнов С.А. Использование призменных элементов для построения плоских волноводных экранов // Оптический журнал. – 2013. – Т. 80. – № 5. – С. 25–29.
3. Бахолдин А.В., Васильев В.Н., Гримм В.А., Романова Г.Э., Смирнов С.А. Оптические устройства виртуальных дисплеев // Оптический журнал. – 2013. – Т. 80. – № 5. – С. 17–24.
4. Разработка составных частей комплекса унифицированных базовых элементов бортового оборудования на основе интегрированной модульной авионики системы информационного обеспечения экипажа: Отчет по НИР № 211153 / рук. Васильев В.Н.; исполн.: Бахолдин А.В. и др. – СПб: НИУ ИТМО, 2011. – 107 с.

Савченко Ярослав Игоревич
Год рождения: 1991
Институт комплексного военного образования,
кафедра инновационных технологий защиты информации,
группа № 6754
Направление подготовки: 090900 – Информационная безопасность
в сфере защиты информации
e-mail: iaroslavsavchenko@gmail.com

УДК 539.2-022.532

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ В AUTODESK 3DS MAX

Я.И. Савченко
Научный руководитель – В.Г. Прожерин

В настоящее время рынок оказания услуг в области обеспечения безопасности объектов активно развивается. Комплексная система безопасности может состоять из широкого спектра инновационных средств физической защиты и программного обеспечения. Это могут быть различные камеры видеонаблюдения, всевозможные датчики, устройства сигнализации, системы оповещения, и т.д.

Чем сложнее архитектура объекта, тем больше будет вероятность появления погрешностей и уязвимых мест, а, следовательно, система безопасности, спроектированная лишь из расчетов, не сможет функционировать полноценно – ошибки в этой системе выявятся только при запуске или в процессе эксплуатации. Кроме того, некоторые уязвимости могут быть не выявлены и, в дальнейшем, стать источником угрозы.

Проектирование архитектуры систем безопасности в 3D позволяет смоделировать трехмерную систему безопасности на модели объекта и оценить ее эффективность. Таким образом, появляется возможность найти оптимальное решение построения системы еще до монтажа, исключив возможные ошибки и погрешности на этапе проектирования.

Цели работы:

1. обзор систем безопасности, входящих в комплекс инженерно-технических средств охраны;
2. обзор современных пакетов 3D-графики, выявление их ключевых особенностей и возможностей, рассмотрение принципов их функционирования;
3. выбор программного обеспечения, наиболее подходящего для моделирования систем безопасности в 3D;
4. проектирование архитектуры систем безопасности объекта с помощью выбранного пакета 3D-графики.

В данный момент для стабильной работы предприятий, компаний, банков, и других организаций обеспечение высокого уровня безопасности для эффективного противостояния внешним и внутренним угрозам, является приоритетным. В связи с этим вопрос повышения уровня защиты и проектирование оптимального комплекса инженерно-технических средств охраны объектов является актуальным. Повышение степени безопасности объектов достигается при комплексном применении средств инженерно-технической защиты. Исходя из этого, используются системы средств безопасности, включающие в себя совместно функционирующие подсистемы безопасности, которые были рассмотрены в первой главе работы: система

видеонаблюдения, система инженерной защиты территории, система охранной сигнализации, система пожарной сигнализации. Для системы видеонаблюдения был составлен обзор существующих типов, конструкций, объективов видеокамер, рассмотрены видеорегистраторы и возможность использования беспроводного видеонаблюдения, выполнен сравнительный анализ аналогового и цифрового видеонаблюдения, а также отдельное внимание было уделено юридическим аспектам. Кроме системы видеонаблюдения была рассмотрена система инженерной защиты, в том числе заграждения и противотаранные устройства, защита дверных и оконных проемов, поста охраны, охранное освещение и система контроля и управления доступом. Также были рассмотрены охранная и пожарная системы сигнализации. Была приведена классификация охранных и пожарных извещателей в соответствии с государственными стандартами и нормами пожарной безопасности и детально рассмотрены извещатели, которые используются в современных системах охранной и пожарной сигнализаций.

Одна из целей использования компьютерного моделирования – демонстрационная. 3D-графика незаменима для наглядного представления объекта, кроме того, она позволяет представить объект в том виде, в котором он должен быть в реальности, рассмотреть его со всех сторон, смоделировать системы безопасности, учитывая все требования и выбрать подходящие технические средства. Также 3D-графика дает возможность выявить потенциально слабые стороны систем еще на стадии моделирования и приводит к снижению затрат при реализации проекта.

При проектировании архитектуры систем безопасности была использована 3D-модель, построенная с использованием специального программного обеспечения, которая позволила точно оценить все аспекты и учесть все выдвигаемые требования. Для проектирования 3D-модели объекта было необходимо выбрать наиболее подходящее для этого программное обеспечение. Для этого во второй главе работы был представлен детальный обзор ведущих пакетов 3D-графики. Все пакеты являются универсальными комплексными программами для создания и редактирования трехмерных эффектов и объектов. Практически все располагают гибким и интуитивно-понятным интерфейсом, основными инструментами для моделирования (полигональное моделирование, NURBS и т.д.), средствами для анимации и рендеринга. При этом каждый пакет обладает своей уникальной отличительной способностью, например, ZBrush, отличительной особенностью которого является имитация процесса «лепки» 3D-скульптуры. На основе этого обзора было выбрано несколько самых мощных пакетов, наиболее подходящих для проектирования объекта, для дальнейшего сравнительного анализа в третьей главе работы: Autodesk 3Ds Max, Newtek LightWave, Autodesk Maya, Blender и Maxon Cinema4D.

Несмотря на множество пакетов для создания 3D-графики, из проведенного в этой главе сравнительного анализа, основанного на детальном обзоре современных ведущих пакетов, видно, что Autodesk 3Ds Max доминирует в сфере проектирования архитектуры и дизайна, и, в отличие от других пакетов, поддерживает практически все современные форматы файлов, обеспечивает удобство проектирования благодаря огромному количеству различных модификаторов, и лидирует по множеству других параметров. При этом существуют бесплатная демоверсия и студенческая версия, обширные библиотеки с текстурами, материалами и элементами, и поддержка высококачественного рендеринга «V-Ray», который является одним из лучших рендеров. Возможности Autodesk 3Ds Max настолько велики, что даже стандартных инструментов будет достаточно для реализации самых сложных проектов.

В последней четвертой главе работы был приведен поэтапный алгоритм проектирования архитектуры систем безопасности в Autodesk 3Ds Max. Объектом, для

которого была спроектирована архитектура систем безопасности, является коридор «Военной Кафедры», расположенный на 2-ом этаже здания Университета ИТМО по адресу: Санкт-Петербург, переулок Гривцова, д. 14 (рис. 1).

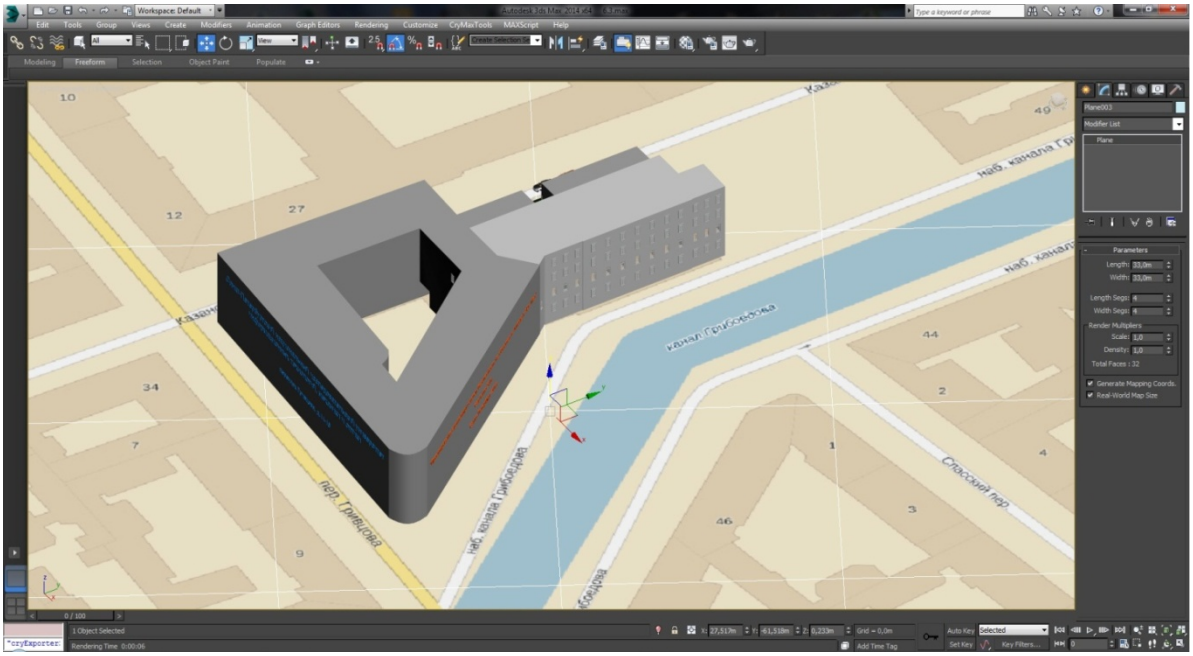
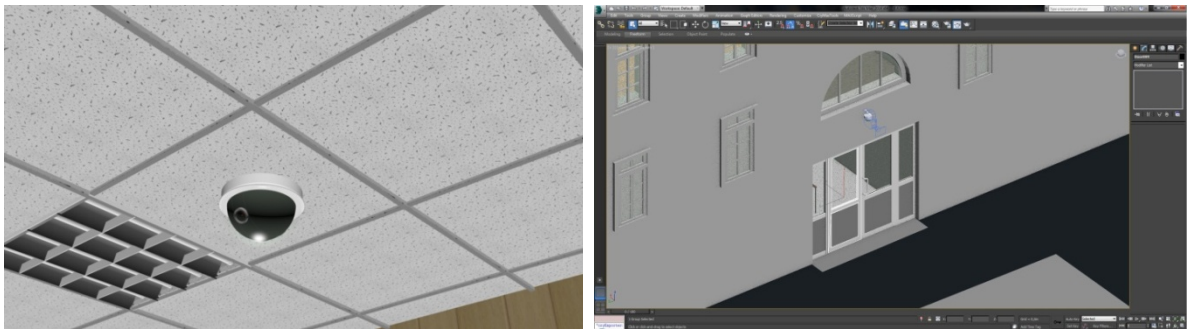


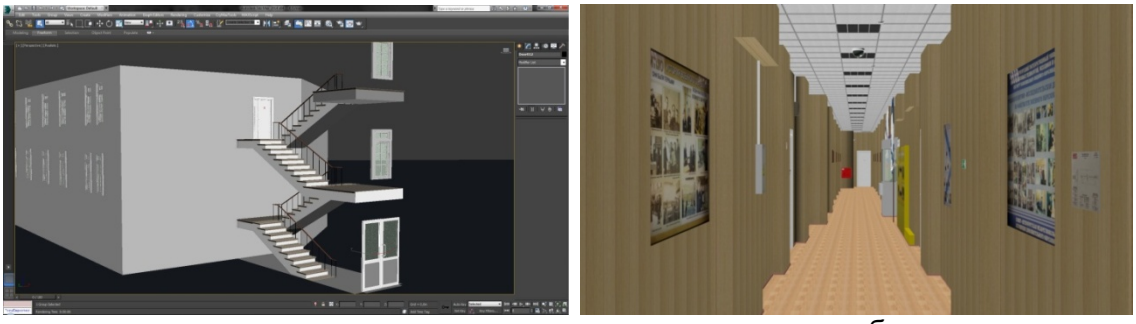
Рис. 1. Комплекс зданий на карте города

Были смоделированы различные объекты интерьера, для максимально точной имитации реального объекта, например, была создана точная копия потолка и главного входа (рис. 2), лестничного проема (рис. 3, а), картин и плакатов (рис. 3, б и рис. 4, а), различных объектов (рис. 4, б).



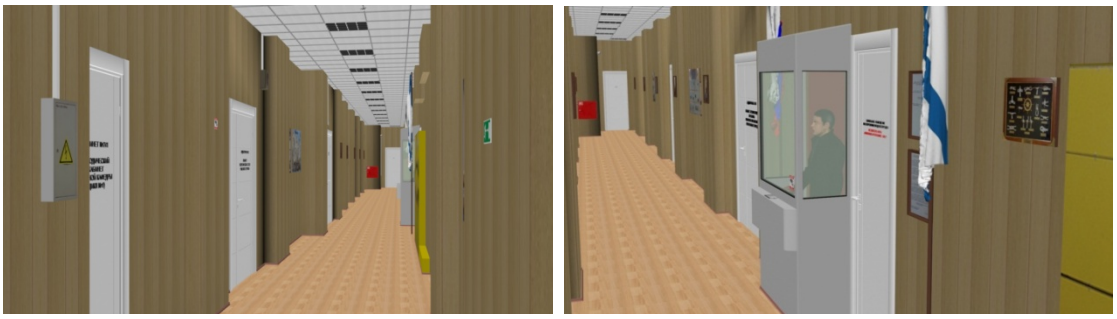
а б

Рис. 2. Потолок (а); Главный вход (б)



а б

Рис. 3. Лестничный проем (а); главный коридор (б)



а б

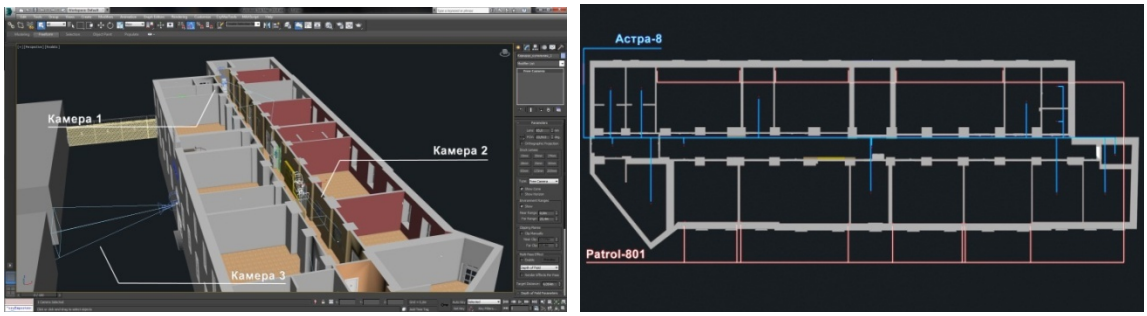
Рис. 4. Главный коридор (а); пост охраны (б)

Также на объекты были наложены текстуры, заранее обработанные и подготовленные в Adobe Photoshop (рис. 5).

а б

Рис. 5. Главный коридор

Далее был составлен список требований к каждой подсистеме безопасности, и с учетом этих требований осуществлен выбор инженерно-технических средств защиты. Также были разработаны схемы размещения инженерно-технических средств (рис. 6), смоделированы извещатели, видеокамеры и инженерные средства защиты (рис. 7, 8), и произведен расчет стоимости каждой из систем.

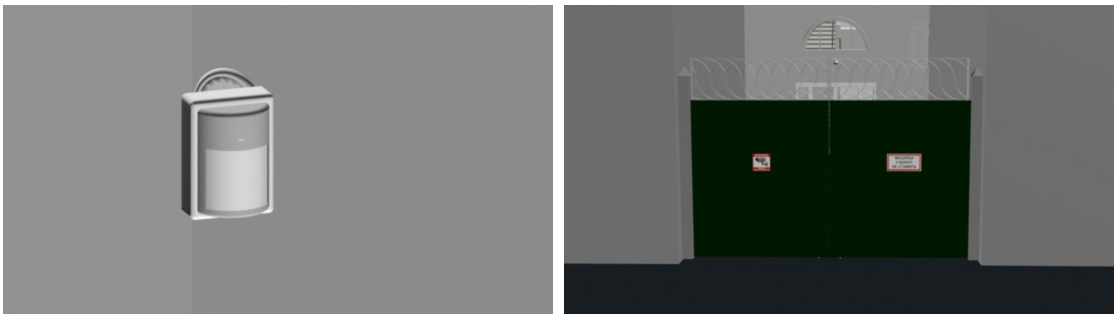


а б

Рис. 6. Настройка камер (а); размещение охранных извещателей (б)

а б

Рис. 7. Видеокамера (а); заграждение (б)



а б

Рис. 8. Охранный извещатель (а); заграждение (б)

Все представленные в работы 3D-модели (сцена содержит более 4500 объектов и более 4,3 млн полигонов) были сделаны вручную, с использованием стандартных встроенных средств Autodesk 3Ds Max. Большинство моделей создано путем наложения различных модификаторов на стандартные примитивы. Каждый этап 3D-моделирования был сохранен в отдельном файле, а каждое изменение было сохранено в новом файле. Более того сохранена вся последовательность модификаторов, подтверждающая авторское право на работу и позволяющая в любой момент вернуться на начальный и исправить или доработать какой-то элемент. Такая необходимость может возникнуть, в случае, если на объекте будет выполнена перепланировка и потребуется заново рассчитать отдельные элементы системы безопасности.

Все поставленные цели и задачи достигнуты и выполнены.

Литература

1. Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.constitution.ru/, своб.
2. Гражданский кодекс Российской Федерации от 30.11.1994 № 51-ФЗ в редакции от 14.11.2013.
3. Гражданский процессуальный кодекс Российской Федерации от 14.11.2002 № 138-ФЗ в редакции от 10.01.2014.
4. Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации от 18.12.2001 № 174-ФЗ в редакции от 15.02.2014.
5. Арбитражный процессуальный кодекс Российской Федерации от 24.07.2002 № 95-ФЗ в редакции от 03.11.2013.
6. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» в редакции от 03.08.2013.
7. Федеральный закон от 12.08.1995 № 144-ФЗ «Об оперативно-розыскной деятельности» в редакции от 21.12.2013.
8. НПБ 88-01. Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования. – Введ. 01.01.2002. – М., 2001. – 104 с.
9. НПБ 76-98. Извещатели пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний. – Введ. 01.04.1999. – М., 2000. – 19 с.
10. ГОСТ 26342-84. Средства охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации. Типы, основные параметры и размеры. – Введ. 01.01.1986. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 18 с.
11. ГОСТ 12.2.047-86. Пожарная техника. Термины и определения. – Введ. 01.07.1987. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 23 с.
12. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования. – Введ. 01.07.1992. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 68 с.

13. НПБ 66-97. Извещатели пожарные автономные. Общие технические требования. Методы испытаний. – Введ. 31.08.1997. – М.: ВНИИПО МВД России, 1997. – 24 с.
14. НПБ 72-98. Извещатели пламени пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний. – Введ. 27.07.1998. – М.: ВНИИПО МВД России, 1999. – 23 с.
15. НПБ 58-97. Нормы пожарной безопасности. Системы пожарной сигнализации адресные. Общие технические требования. Методы испытаний. – Введ. 01.01.1997. – М., 1997. – 15 с.
16. НПБ 85-00. Извещатели пожарные тепловые. Технические требования пожарной безопасности. Методы испытаний. – Введ. 01.06.2001. – М., 2001. – 18 с.
17. НПБ 65-97. Извещатели пожарные дымовые оптико-электронные. Общие технические требования. Метод испытаний. – Введ. 01.11.1997. – М.: ГУГПС МВД России, 1997. – 32 с.
18. НПБ 71-98. Извещатели пожарные газовые. Общие технические требования. Методы испытаний. – Введ. 27.07.1998. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 12 с.
19. Федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 г. «Технический регламент об обеспечении пожарной безопасности».
20. ГОСТ Р 51136-2008. Стекла защитные многослойные. Общие технические условия. – Введ. 01.06.2009. – М.: Стандартинформ, 2008. – 24 с.
21. ГОСТ Р 53307-2009. Противопожарные двери и ворота. Методы испытаний на огнестойкость. – Введ. 01.01.2010. – М.: Стандартинформ, 2009. – 39 с.
22. ГОСТ Р 53308-2009. Конструкции строительные. Светопрозрачные ограждающие конструкции и заполнения проемов. Методы испытаний на огнестойкость. – Введ. 01.01.2010. – М.: Стандартинформ, 2009. – 30 с.
23. ГОСТ Р 51072-97. Двери защитные. Общие технические требования и методы испытаний на устойчивость к взлому и пулестойкость. – Введ. 01.01.1998. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 16 с.
24. ГОСТ Р 50862-96. Сейфы и хранилища ценностей. Требования и методы испытаний на устойчивость к взлому и огнестойкость. – Введ. 01.01.1997. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1996. – 41 с.
25. ГОСТ Р 51112-97. Средства защитные банковские. Требования по пулестойкости и методы испытаний. – Введ. 01.07.1998. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1997. – 8 с.
26. ГОСТ Р 50941-96. Кабина защитная. Общие технические требования и методы испытаний. – Введ. 01.01.1997. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1996. – 7 с.
27. РД 78.147-93. Единые требования по технической укрепленности и оборудованию сигнализацией охраняемых объектов.
28. ГОСТ 5089-97. Замки и защелки для дверей. Технические условия. – Введ. 01.01.1998. – М., 1998. – 45 с.
29. ГОСТ Р 51113-97. Средства защитные банковские. Требования по устойчивости к взлому и методы испытаний. – Введ. 01.07.1998. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1997. – 8 с.
30. ГОСТ 31173-2003. Блоки дверные стальные. Технические условия. – Введ. 01.03.2004. – М., 2004. – 54 с.
31. Веб-сайт центра специальных инженерных сооружений научно-исследовательского и конструкторского института радиоэлектронной техники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.cesis.ru, своб.
32. Интернет-энциклопедия Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ru.wikipedia.org, своб.

Толочёк Нина Сергеевна
Год рождения: 1991
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра оптико-электронных приборов и систем,
группа № 6314
Направление подготовки: 200400 – Оптотехника
e-mail: nina.s.t@mail.ru

УДК 681.786

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ КОНТРРЕФЛЕКТОРА РАДИОТЕЛЕСКОПА МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Н.С. Толочёк
Научный руководитель – д.т.н., профессор И.А. Коняхин

В работе разработаны принципы построения компьютерной модели, позволяющей выполнить пересчет результатов исследования погрешностей измерения от приборной к строительной системе координат.

Основной **целью работы** являлась разработка оптико-электронной системы (ОЭС), контроля положения контррефлектора радиотелескопа миллиметрового диапазона и создание компьютерной модели ее функционирования. Компьютерное моделирование такой системы позволяет исследовать ее характеристики, а также проследить изменение параметров системы под влиянием различных факторов. Модель представляет собой математическое описание алгоритма измерения пространственного положения с помощью ОЭС.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: провести аналитический обзор систем определения пространственного положения крупногабаритных объектов, выбрать элементы структурной схемы ОЭС, провести габаритно-энергетический расчет параметров основных структурных элементов; рассчитать параметры элементов оптической принципиальной схемы; построить компьютерную модель измерительной системы; провести экспериментальное исследование составляющих погрешности измерения, разработать конструкцию приемного блока измерительной системы, провести технико-экономический расчет разработки ОЭС.

Обзор ОЭС аналогичного функционального назначения показал, что при измерении угловых координат и расстояний данными приборами погрешность измерений составляет не более 0,1 мм, и может обеспечить требуемую в техническом задании (ТЗ) точность, однако, рассмотренные приборы для определения пространственных координат объекта предназначены для контроля положения объекта в протяженных областях пространства. Возможность обзора больших угловых полей обеспечивается сканирующей системой, наличие которой значительно повышает стоимость серийных приборов. Для решения задачи контроля положения контррефлектора, который находится в практически неподвижном положении, достаточна относительно несложная по структуре и не затратная не сканирующая ОЭС, основная задача которой состоит в контроле положения вторичного зеркала.

Аналитический обзор методов определения пространственных координат объекта показал, что наиболее простым, с точки зрения технической реализации, является метод «обратной угловой засечки».

Суть метода «обратной угловой засечки» заключается в измерении положения как минимум трех контрольных точек, расположенных на объекте, с одной реперной точки. Зная координаты изображения контрольных точек на фотоприемной матрице, взаимное положение которых заранее известно, и фокусное расстояние объектива *f*, можно найти координаты контрольных точек, а также углы поворота плоскости, образованной этими точками. Структурная схема прибора, работающего по этому методу, представлена на рис. 1.

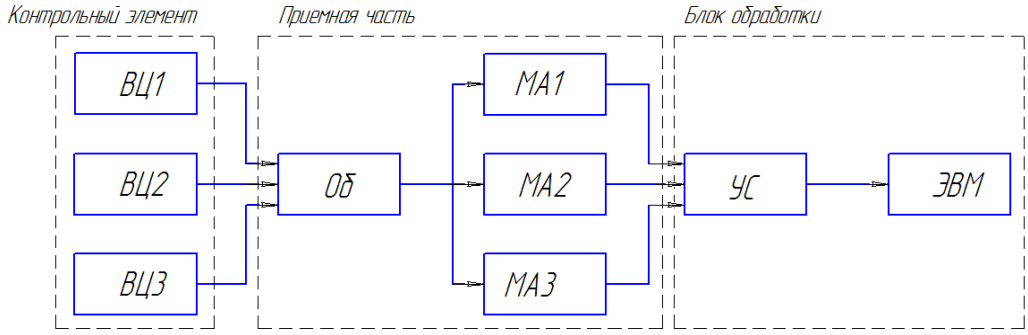


Рис. 1. Структурная схема ОЭС определения положения пространственных координат объекта

Система этого типа состоит из активных визирных целей (ВЦ) на объекте контроля, объектива (Об), матричных анализаторов (МА), устройства сопряжения (УС) и электронно-вычислительной машины (ЭВМ), которая вычисляет линейные и угловые перемещения объекта.

Объектив, который имеет достаточное поле зрения для получения изображения от визирных целей, строит их изображение на матричных анализаторах. Сигнал от каждой отдельной ячейки матрицы преобразуется в цифровой код аналого-цифровым преобразователем для последующей обработки процессором компьютера. Компьютером производится обработка видеокадра и вычисление координат объекта по специальным алгоритмам.

В качестве источников излучения были приняты полупроводниковые излучающие диоды L-34F3C фирмы «KingBright» со следующими характеристиками: λ=900–975 нм; *P*=80 мВт. В качестве приемников излучения были приняты матрицы компании Cypress Semiconductor Corporation – Lupa 300, CMOS Image Sensor.

На начальном этапе разработки рассматривалась одноматричная модель системы с использованием объектива с малым фокусным расстоянием 100 мм, соответственно при такой структурной схеме прибора изображения контрольных точек формировались на одной матрице. На построенной компьютерной модели было исследовано влияние на измерение координат объекта случайной погрешности – шумов матричного приемника излучения. Выяснилось, что в этом случае ошибка в определении углового положения по осям *x* и *z* достигает 20 с, а по оси *Y* – до 350, что значительно превышает требования ТЗ.

Исходя из этого, было принято решение увеличить фокусное расстояние объектива системы с переходом к новой структуре системы, в которой каждое изображение контрольной точки обрабатывается отдельным матричным фотоприемником.

По результатам габаритно-энергетического расчета параметров основных оптических структурных элементов выбран объектив «Индустар-37» с фокусным расстоянием 400 мм.

Моделирование данной системы проводилось относительно приборной системы координат, связанной с объективом приемного канала, т.е. получались погрешности смещения и поворота относительно осей *X*1*Y*1*Z*1. Однако для функционирования системы адаптации радиотелескопа необходимо, чтобы эти погрешности были найдены относительно базовой системы координат главного зеркала *XYZ* (рис. 2). Для этого необходимо реализовать пересчет, в котором величины, найденные в приборной системе координат, определяются в базовой системе координат.

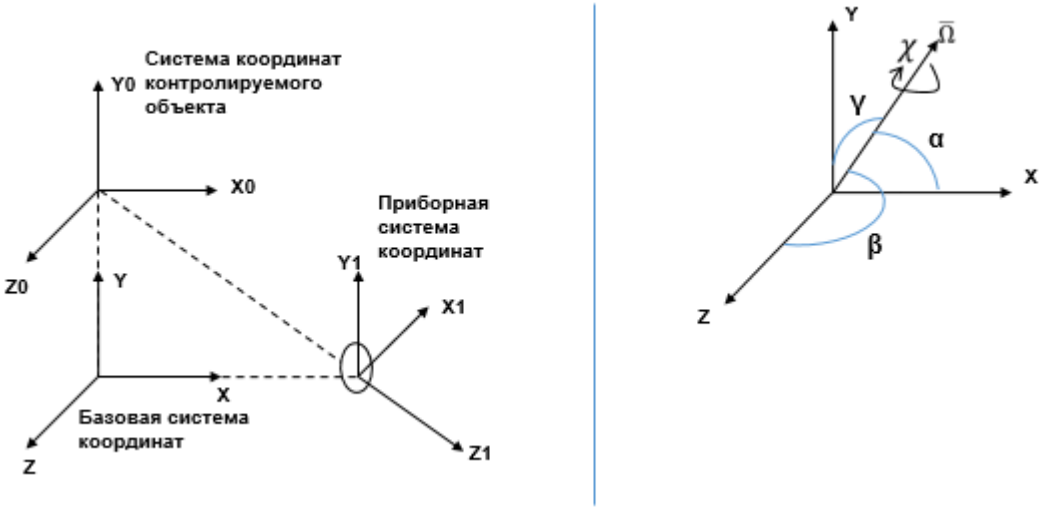


Рис. 2. Переход от приборной системы координат к базовой

В результате анализа методик описания кинематики объектов предлагается пересчет осуществлять через параметры Родрига–Гамильтона.

Согласно методу, поворот вокруг трех разноименных осей определяет полный угол поворота χ вокруг некоторой оси с ортом поворота Ω. Вектор полного поворота определяется 4 параметрами Родрига–Гамильтона λ. Параметры связаны между собой следующим условием:

$$\lambda_1{}^2 + \lambda_2{}^2 + \lambda_3{}^2 + \lambda_0{}^2 = 1 \quad (1)$$

Известно, что результирующие параметры Родрига–Гамильтона для двух последовательных поворотов твердого тела связаны через следующие условия:

$$\nu_0 = \lambda_0\mu_0 - \lambda_1\mu_1 - \lambda_2\mu_2 - \lambda_3\mu_3,$$
$$\nu_1 = \lambda_1\mu_0 + \lambda_0\mu_1 + \lambda_3\mu_2 - \lambda_2\mu_3,$$
$$\nu_2 = \lambda_2\mu_0 + \lambda_0\mu_2 + \lambda_1\mu_3 - \lambda_3\mu_1,$$
$$\nu_3 = \lambda_3\mu_0 + \lambda_0\mu_3 + \lambda_2\mu_1 - \lambda_1\mu_2.$$

где $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_0$ – параметры Родрига–Гамильтона после первого поворота; $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_0$ – параметры Родрига–Гамильтона после второго поворота; $\nu_1, \nu_2, \nu_3, \nu_0$ – параметры конечного (результирующего) поворота.

Координаты приборной системы координат пересчитываются в соответствующие параметры Родрига–Гамильтона, затем параметры Родрига–Гамильтона переводятся в базовую систему координат, и через них находится повороты относительно базовых осей. В итоге координаты, измеренные для приборной системы координат, оказываются пересчитанными в базовую систему (рис. 3).

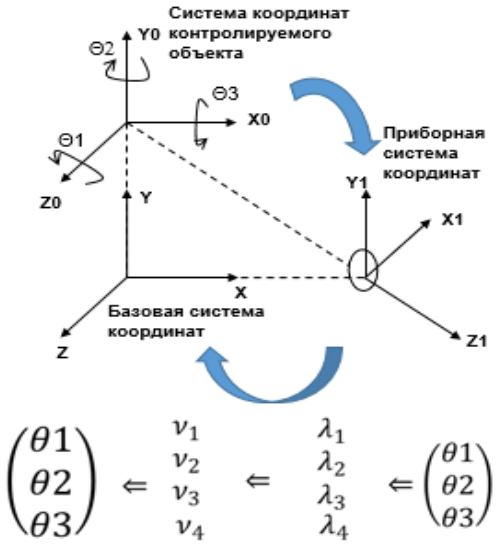


Рис. 3. Базовая система

Была выведена аналитическая связь между углами поворота в приборной системе координат θ_1, θ_2, θ_3 и параметрами Родрига–Гамильтона:

$$\nu = \cos\left(\frac{\theta1}{2}\right)\cdot\cos\left(\frac{\theta2}{2}\right)\cdot\cos\left(\frac{\theta3}{2}\right) + \sin\left(\frac{\theta1}{2}\right)\cdot\sin\left(\frac{\theta2}{2}\right)\cdot\sin\left(\frac{\theta3}{2}\right);$$

$$\nu1 = \sin\left(\frac{\theta1}{2}\right)\cdot\cos\left(\frac{\theta2}{2}\right)\cdot\cos\left(\frac{\theta3}{2}\right) - \cos\left(\frac{\theta1}{2}\right)\cdot\sin\left(\frac{\theta2}{2}\right)\cdot\sin\left(\frac{\theta3}{2}\right);$$

$$\nu2 = \cos\left(\frac{\theta1}{2}\right)\cdot\sin\left(\frac{\theta2}{2}\right)\cdot\cos\left(\frac{\theta3}{2}\right) + \sin\left(\frac{\theta1}{2}\right)\cdot\cos\left(\frac{\theta2}{2}\right)\cdot\sin\left(\frac{\theta3}{2}\right);$$

$$\nu3 = -\left(\sin\left(\frac{\theta1}{2}\right)\cdot\sin\left(\frac{\theta2}{2}\right)\right)\cdot\cos\left(\frac{\theta3}{2}\right) + \cos\left(\frac{\theta1}{2}\right)\cdot\cos\left(\frac{\theta2}{2}\right)\cdot\sin\left(\frac{\theta3}{2}\right).$$

На основе построенной компьютерной модели исследовано влияние следующих погрешностей на измерение пространственных координат объекта:

1. погрешность измерений в плоскости матричного приемника излучения, обусловленная наличием шумов в матрице (случайная погрешность);
2. отклонение фокусного расстояния объектива от номинального (систематическая погрешность);
3. погрешность установки визирных целей на вторичном зеркале (систематическая погрешность).

Для того чтобы выяснить влияние этих погрешностей на определение пространственного положения объекта необходимо экспериментально определить разницу между измеренными и истинными значениями линейных смещений и углов поворота, возникающую из-за влияния перечисленных выше погрешностей.

Для определения указанной разницы в компьютерной модели в истинных значениях, в которых может возникнуть погрешность, случайным образом добавлялись погрешности. Система рассчитывает угловые координаты и линейные смещения объекта с уже новыми исходными координатами. После этого рассчитывается разница между истинными (теоретическими) значениями линейных и угловых смещений и теми, которые были рассчитаны с погрешностью.

При исследовании влияния погрешностей измерения матричного анализатора, установки визирных целей и фокусного расстояния объектива на измерения ОЭС пространственных координат объекта выяснили, что наиболее опасная погрешность измерения – случайная (погрешность измерения матричного анализатора) при заданном ранее значении погрешности измерения в долях от размера элемента матрицы K=0,03 соответствует заданной в ТЗ точности.

Систематические погрешности (установки визирных целей и фокусного

расстояния объектива) вносят куда более существенные отклонения в определение линейных и угловых смещений объекта. Наибольшее отклонение при наличии этих погрешностей выявлено при измерении углов поворота вокруг оси *OY*. Погрешность измерения линейной координаты *Z* контролируемого объекта также недопустимо велика.

Для того чтобы скомпенсировать погрешность, вносимую отклонением фокусного расстояния от номинального нужно осуществить калибровку объектива.

Разработана конструкция приемного блока измерительной системы, которая включает в себя цилиндрический несущий корпус, в котором закреплены узлы крепления объектива и матричного фотоприемника.

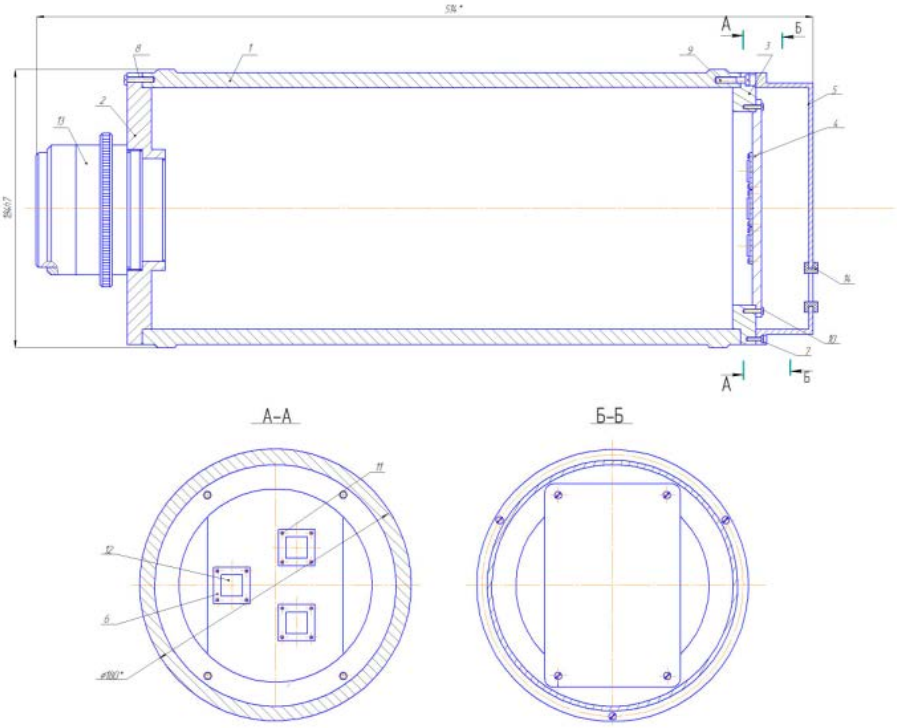


Рис. 4. Конструкция приемного блока измерительной системы

По результатам проведенного технико-экономического обоснования и на основе расчета всей совокупности показателей эффективности проекта можно судить о целесообразности принятия проекта к реализации и его рентабельности с учетом срока окупаемости 1,4 года.

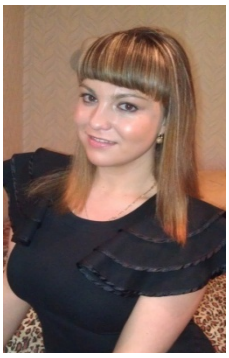
Научная новизна

1. Разработаны принципы построения компьютерной модели, позволяющей выполнить пересчет результатов исследования погрешностей измерения от приборной к строительной системе координат.
2. С использованием разработанной модели получены экспериментальные данные, позволяющие увеличить достоверность оценки влияния различных составляющих погрешности измерения.

Практическая значимость проведенной работы заключается в возможности определить практические рекомендации для разработчиков системы адаптации элементов радиотелескопа, а также сделать вывод о возможности и целесообразности технической реализации разрабатываемых ОЭС контроля положения элементов конструкции.

Литература

1. Коняхин И.А. Исследование оптико-электронной системы измерения деформаций элементов в конструкции радиотелескопа миллиметрового диапазона // Научно-технический интернет-журнал «Теле Фото Техника». – 2008 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://telephototech.ru/index.php, своб.
2. Лурье Л.И. Аналитическая механика. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1961. – 824 с.
3. Толочёк Н.С. Синтез компьютерной модели оптико-электронной системы контроля положения контррефлектора радиотелескопа // Альманах научных работ молодых ученых. – 2013. – С. 307–308.



Шашкова Екатерина Владимировна
Год рождения: 1991
Гуманитарный факультет, кафедра прикладной экономики и маркетинга, группа № 6072
Направление подготовки: 080100– Экономика
e-mail: k2603@mail.ru

УДК 338.45

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК В РОССИИ

Е.В. Шашкова
Научный руководитель – д.э.н., доцент О.А. Цуканова

На сегодняшний день в связи с активным развитием рынка научно-технической продукции актуальной проблемой становится поиск путей ее коммерциализации [2]. **Цель работы** заключалась в определении возможностей и разработке мер по коммерциализации научно-технических разработок в России, в частности, для системы оптической когерентной микроскопии (ОКМ), разрабатываемой в Университете ИТМО.

Проанализировав основные тенденции инновационного развития России, выяснилось, что совокупный уровень инновационной активности организаций в нашей стране (рис. 1) принимает низкое значение, что свидетельствует о неэффективности существующей инновационной системы [5].

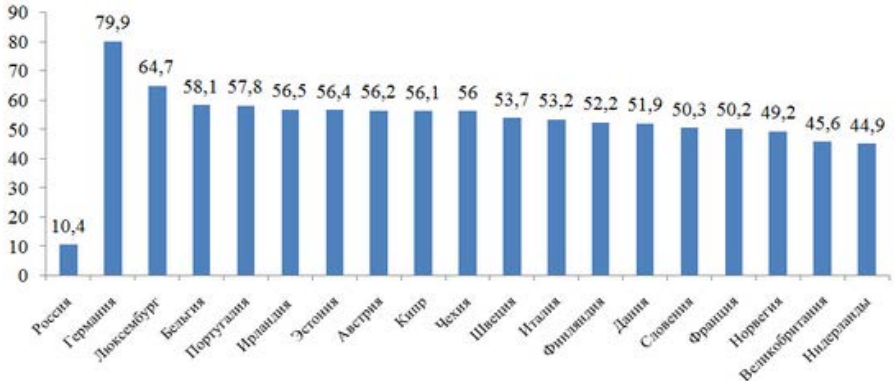


Рис. 1. Совокупный уровень инновационной активности стран за 2011 год в процентном соотношении

В связи с этим были выделены рекомендации по улучшению перспектив коммерциализации российских технологий, направленные на создание малых инновационных предприятий, стимулирование международного сотрудничества, изменение законодательной базы, реорганизацию системы финансирования и создание инфраструктуры по коммерциализации технологий. Также для того чтобы повысить уровень инновационной активности в стране необходимо уделять особое внимание механизму коммерциализации самих разработок.

В настоящее время в Университете ИТМО ведутся исследования в области создания системы ОКМ. Это высокоточный метод исследования, с помощью которого стало возможным получать изображение поперечного среза исследуемых биологических тканей с высокой разрешающей способностью. Для того чтобы разработчикам избежать многих рисков на пути к эффективной коммерциализации системы спектральной ОКМ, необходимо создать четкий механизм ее коммерциализации, и по полученным результатам дать практические рекомендации, необходимые для успешного коммерческого использования данной системы [4]. На рис. 2 представлен поэтапный механизм коммерциализации для системы спектральной ОКМ [4].

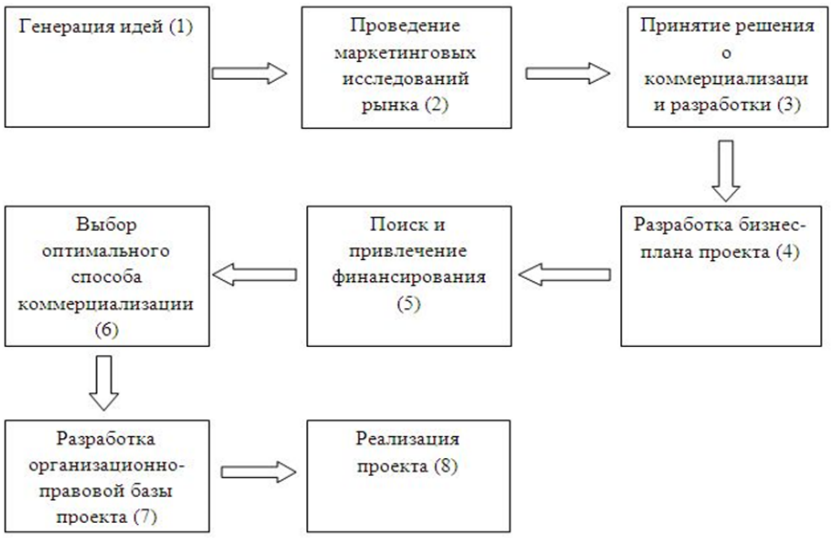


Рис. 2. Схема коммерциализации системы спектральной ОКМ

1 этап. Генерация идей. На первом этапе происходит инициация проекта коммерциализации. Разработчиками были предложены три варианта создания спектральной ОКМ: с использованием объектива с селекцией по длинам волн, без использования перестраиваемого объектива (но со специальным лазером), с использованием поточечного сканирования. Проанализировав все три варианта, можно сделать вывод о том, что разработчикам необходимо использовать в работе вариант, в котором предполагается использование объектива с фокусировкой каждой длины волны на свою глубину. Использование такого объектива позволяет почти не заниматься обработкой данных, что повышает быстродействие будущего прибора. Данный вариант отличается от аналогов двумя принципиальными моментами: использование объектива с селекцией по длинам волн (это делает ненужным обработку, с которой есть некоторые проблемы), использование широкопольного (full-field) режима (конкуренты используют только для корреляционной (медленной) ОКМ. Объяснением такого выбора может служить то, что, во-первых, будущий прибор с перестраиваемым объективом будет дешевле в изготовлении, в отличие от варианта с использованием дорогостоящего лазера, во-вторых, он будет отличаться от аналогов, и, следовательно, будет конкурентоспособен, так как в изготовлении будет задействован

объектив с селекцией по длинам волн и использование широкопольного (full-field) режима.

2 этап. Исследование потенциального рынка для разрабатываемой системы. Необходимо отметить, что системы ОКМ применяются, в основном, на рынках медицины (диагностика различных заболеваний) и материаловедения (диагностика старинных предметов искусства). По результатам проведенного анализа выяснилось, что разработчикам на первых этапах деятельности целесообразно выходить на рынок материаловедения, так как на рынке медицинских технологий обязательным условиям является наличие лицензии, специального оборудованного помещения, соответствующего определенным стандартам, присутствует большое количество конкурентов с аналогичной технологией, реализующих свои приборы по приемлемым ценам. В дальнейшем возможен выход на рынок медицинских технологий, когда разработчики наберутся практического опыта в области создания таких приборов и смогут получить специализированную лицензию (3 этап).

4 этап предполагает проведение научно-исследовательских опытно-конструкторских работ, включающих: создание прототипа будущего прибора, проведение патентного поиска, разработку бизнес-плана проекта. Проанализировав все технические аспекты будущей системы, следует сделать вывод о том, что целесообразно будет принять решение о патентовании данной разработки в форме полезной модели. Данное предложение обосновано, прежде всего, тем, что разработка обладает рядом специфических особенностей: во-первых, предполагается использование объектива с селекцией по длинам волн, что позволяет избежать дополнительной обработки данных, во-вторых, предполагается использование широкопольного режима (full-field). На данный момент такими преимуществами обладают конкуренты для создания корреляционной (медленной) ОКМ, технология работы которой отличается от создаваемой системы.

Также на данном этапе нужно составить подробный бизнес-план, который необходим для того, чтобы определить эффективность проекта и понять: стоит ли организовывать собственное производство, либо уступать права на данную разработку. Вследствие того, что затраты на создание собственного производства в форме отдельного предприятия могут быть предельно высокими, предполагается рассмотреть вариант создания малого инновационного предприятия (МИП) на базе Университета ИТМО.

Таким образом, бизнес-план по созданию МИП на базе университета должен включать в себя: резюме проекта в формате пояснительной записки; идею проекта; оценку отрасли и конкурентов; план маркетинга, включая политику ценообразования и план сбыта; план производства (потенциальные мощности и описание производственного процесса); организационный план, включая распределение обязанностей в команде; финансовый план, включая оценку рисков [1].

При составлении бизнес-плана в качестве обязательного учредителя должен выступать университет. Для МИП возможно в качестве уставного капитала внесение денежных средств и нематериальных активов (в данном случае права на результат интеллектуальной деятельности, переданные университету разработчиками). Также предполагается привлечение финансирования на конкурсной основе (через фонд содействия) и через стороннего инвестора.

На основании проведенных расчетов в бизнес-плане можно сделать вывод о том, что создание МИП на базе университета является приемлемым решением, так как показатели рентабельности и доходности имеют положительное значение.

После составления подробного бизнес-плана необходимо переходить к 5 этапу, который предполагает поиск финансирования для проекта. Необходимо отметить, что

для привлечения финансирования необходимо, прежде всего, осуществлять поиск бюджетного финансирования на безвозвратной основе на начальной и последующих стадиях реализации проекта посредством: создания коммерческой структуры и оформления проекта в виде бизнес-плана, участия во внутривузовских конкурсах, различных выставках и конференциях с рекламными материалами. Также целесообразным является вариант привлечения денежных средств через фонды содействия малым предприятиям, таких как: Фонд Бортника, РОСНАНО, Сколково и другие. Стоит отметить, что государственное финансирование обычно продолжается только на первых шагах становления МИП, в дальнейшем МИП должны привлекать частные деньги с помощью венчурных фондов, бизнес-ангелов и т.п. Таким образом, в последующих годах реализации проекта необходимым условием является привлечение средств через частных инвесторов.

На 6 этапе необходимо выбрать форму коммерциализации технологии. По результатам расчета примерной стоимости системы спектральной ОКМ можно сделать вывод о том, что создание отдельного предприятия без участия университета является неприемлемым вариантом, так как разработчики будут нести недопустимые риски по созданию собственного производства, и высокие стартовые затраты.

Если рассматривать вариант частичной и (или) полной передачи прав на разработку, то существует вероятность того, что разработчики не смогут найти покупателя прав в данном случае.

Данное предположение связано с тем, что:

1. недостаточно развит механизм лицензирования, в связи с отставанием России в развитии опытно-промышленного производства по сравнению с другими европейскими странами;
2. не разработана законодательная база, которая прописывала бы механизм получения вузами доходов от таких видов деятельности как лицензирование и уступка патентных прав.

Таким образом, наиболее приемлемым вариантом коммерциализации для данной системы является создание МИП на базе Университета ИТМО. Проанализировав бизнес-план проекта по созданию системы спектральной ОКМ в форме МИП на базе университета, можно сделать вывод о том, что, несмотря на большой период окупаемости инвестиций в связи с высокими издержками по организации производства, данный вариант реализации проекта обладает следующими преимуществами в отличие от других вариантов:

- для МИП в рамках университета предоставляются льготные налоговые ставки по обязательным отчислениям во внебюджетные фонды;
- часть финансовых и материально-технических обязательств берет на себя университет;
- в создании и деятельности МИП принимают участие профессионалы, способные оценить перспективу развития данного проекта;
- упрощение процесса подачи заявок на участие в различных грантовых конкурсах. Таким образом, во-первых, вуз поможет грамотно оформить проекты, во-вторых, при организации МИП могут подаваться неограниченное количество заявок на различные конкурсы и в Фонды содействия;
- вузом предоставляются льготы по аренде помещений;
- Университет ИТМО обладает развитой инфраструктурой сопровождения проектов, в том числе в области юридического обеспечения прав интеллектуальной собственности и экспортного контроля;
- легче привлечь инвестиции в проект [4].

На 7 этапе разрабатывается организационно-правовая база проекта, которая предполагает разработку организационных и юридических документов, включающих оформление прав на разработку, распределение долей прибыли между участниками процесса коммерциализации. Таким образом, МИП будет иметь форму «ООО» (Общество с ограниченной ответственностью), в составе учредителей которого задействованы университет и сторонний инвестор, а также денежные средства, полученные от фонда содействия в поддержку МИП. Доли прибыли могут распределяться следующим образом: 30% получат разработчики, 20% – университет, 10% – структурные подразделения университета (за помощь при проведении коммерциализации разработки), 40% – получит сторонний инвестор (так как большая часть в уставном капитале компании будет принадлежать инвестору).

На 8 этапе происходит реализация разработанного проекта и вывод нового прибора на рынок с применением определенной маркетинговой политики и соответствующих маркетинговых инструментов в виде рекламы и различных способов продвижения данного прибора.

После проведения поэтапного процесса коммерциализации для систем ОКМ, целесообразно выделить ряд практических рекомендаций, необходимых для успешного коммерческого использования системы спектральной ОКМ в выбранном варианте реализации:

1. для уменьшения стоимости системы спектральной ОКМ необходимо проводить закупку комплектующих крупными партиями, что позволит в дальнейшем существенно снизить себестоимость разрабатываемой системы;
2. при организации крупносерийного производства необходимо рассмотреть вариант производства оптической части совместно с ОАО «ЛОМО», чтобы снизить затраты на изготовление прибора;
3. следует осуществлять подачу заявок на различные конкурсы и выставки с целью привлечения дополнительного финансирования в проект, а также подавать заявки в фонды содействия, специализирующиеся на оказании прямой финансовой и информационной помощи разработчикам (Фонд Бортника, РОСНАНО, Сколково и другие);
4. необходимо привлечение помощи специализированных отделов научно-образовательных маркетинговых исследований и бизнес-инкубаторов, созданных в Университете ИТМО. Данные подразделения предоставляют помощь в поиске инвесторов, организации встреч, подготовке документации для защиты интеллектуальной собственности, организации участия в различных конкурсах, выставках. На сегодняшний день в Университете ИТМО существует деловая сеть «Маркетинг в инновациях, образовании и науке» («MarketingtoInnovation, Education, Science» businessnetwork, M2IES), которая предназначена для ускорения запуска проектов за счет проведения своевременных маркетинговых исследований и создания успешного бизнеса.

В работе автором был предложен комплекс мероприятий по улучшению коммерческого использования системы спектральной ОКМ, который в дальнейшем поможет избежать разработчикам многих рисков, а также будет способствовать получению коммерческого эффекта в перспективном периоде времени.

Литература

1. Бутрюмова Н., Виноградов В. Коммерциализация университетских разработок: Учебное пособие. – НИУ ВШЭ, 2012. – 52 с.

2. Салимьянова И.Г., Морозов Ф.А. Особенности коммерциализации инноваций // Стратегическое управление инновационным развитием экономики России. Межвузовский сборник научных трудов. – 2005. – Вып. 9.
3. Цуканова О.А., Шашкова Е.В. Особенности коммерциализации научно-технической продукции в России // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.science-education.ru/108-9026, своб.
4. Цуканова О.А., Шашкова Е.В. Разработка комплекса мер для повышения результативности коммерческого использования инновационной системы спектральной оптической когерентной микроскопии // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6 (ч. 2). – С. 340–344.
5. The Global Innovation Index 2012. Stonger Innovation Linkages for Global Growth. INSEAD and the World Intellectual Property Organization (WIPO) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.wipo.int/econ_stat/en/economics/gii/, своб.

Щеглов Константин Андреевич
Год рождения: 1991
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6112
Направление подготовки: 230100 – Информатика
и вычислительная техника
e-mail: Scheglov.konstantin@gmail.com

УДК 004.056.53

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОТ АТАК НА НАИБОЛЕЕ АКТУАЛЬНЫЕ УЯЗВИМОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

К.А. Щеглов
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.А. Ожиганов

В настоящей работе в комплексе решается задача защиты от атак на наиболее актуальные уязвимости информационных систем – разрабатываются математические модели уязвимости, атаки, нарушителя, безопасности информационной системы, основанные на использовании в качестве элемента безопасности не угрозы, как в известных подходах к моделированию, а уязвимости, что позволяет корректно получать численные стохастические характеристики безопасности. В работе вводится количественная характеристика уязвимости (а не качественная оценка актуальности угрозы), использованная в разработанном методе проектирования систем защиты информационных систем, и позволившая определить наиболее актуальные современные уязвимости, в отношении которых должна реализовываться защита в современных информационных системах; с использованием моделей массового обслуживания исследованы известные методы защиты информации, в результате чего определены их принципиальные недостатки. В части защиты от атак на наиболее актуальные уязвимости предложен принцип и разработаны методы (дискреционный и мандатный) контроля доступа к создаваемым файлам, основанные на исключении сущности «объект доступа» из разграничительной политики; разработано и запатентовано техническое решение, реализующее предложенные методы защиты информации. С использованием модели «Харрисона–Уззо–Ульмана», моделей «Белла–

ЛаПадулы» и «Биба» сформулированы требования к построению безопасной системы, требования к разграничительной политике доступа к файловым объектам, строго обоснована корректность предложенных методов контроля доступа к создаваемым файлам; разработаны политики безопасности, позволяющие решать рассматриваемые задачи защиты от атак на наиболее актуальные уязвимости реализацией контроля и разграничения прав доступа к создаваемым файлам, на примерах которых проиллюстрировано принципиальное упрощение задачи администрирования средства защиты, в случае реализации им разработанных методов контроля доступа. С использованием моделей массового обслуживания исследована эффективность предложенных методов защиты – обеспечиваемый ими уровень безопасности информационной системы, и сформулированы требования к соответствующим параметрам (интенсивности выявления и устранения уязвимостей) реализующего их средства защиты, выполнение которых обеспечивает вероятность готовности информационной системы к безопасной эксплуатации 0,98 и выше, соответственно, среднее время безопасной эксплуатации защищенной информационной системы – год и более. С целью оценки влияния средства защиты на загрузку вычислительного ресурса проведены испытания СЗ «Панцирь+», в которой реализованы предложенные методы защиты, с соответствующей (с использованием метода Стьюдента) статистической обработкой результатов эксперимента, в результате чего показано, что в штатном режиме эксплуатации приложения средство защиты обеспечивает дополнительную загрузку вычислительного ресурса, не превышающую 3%.

В части выявления наиболее актуальных уязвимостей информационных систем основной **целью работы** являлась разработка математических моделей и метода проектирования системы защиты, предполагающих рассмотрение в качестве элемента безопасности не угрозы, а уязвимости.

Общим для всех видов уязвимостей (групп уязвимостей, эксплуатируемых соответствующими атаками) является то, что уязвимость с какой-то интенсивностью в информационной системе возникает (выявляется) и с какой-то интенсивностью устраняется. Статистика по этим параметрам уязвимостей широко представлена в открытой печати. В качестве основной характеристики безопасности информационной системы в отношении уязвимости предложено рассматривать вероятность того, что информационная система готова к безопасной эксплуатации в отношении уязвимости. Значение данной характеристики может быть получено с использованием математического аппарата теории массового обслуживания, что не требует использования каких-либо экспертных оценок. Атаку же в работе предложено представлять орграфом, вершинами которого являются уязвимости, характеризуемые («взвешенные») уровнем их актуальности – значением вероятности того, что информационная система готова к безопасной эксплуатации в отношении уязвимости, а дуги определяют последовательность использования злоумышленником уязвимостей (направленного перехода между вершинами) при осуществлении атаки.

Важным результатом подобного представления атаки явилась возможность ее описания схемой параллельного резервирования. Это обусловливается тем, что для успешного осуществления атаки, в системе должны присутствовать все эксплуатируемые ею уязвимости, как следствие, каждая уязвимость, присутствующая в системе с соответствующей вероятностью может рассматриваться в качестве резервирующего элемента (с данной вероятностью предотвращает атаку). С учетом этого характеристики безопасности информационной системы в отношении атаки (модель атаки) предложено получать с использованием математического аппарата теории надежности, при этом в качестве основных характеристик безопасности предложено рассматривать не только вероятность того, что информационная система

готова к безопасной эксплуатации в отношении атаки, но и среднее время наработки на нарушение (отказ) безопасности информационной системы в отношении атаки. Модель же безопасности информационной системы в целом в этом случае может быть представлена схемой последовательного резервирования, где резервирующим элементом выступает уже не уязвимость, а атака, характеризуемая последовательностью используемых ею уязвимостей. Подобная интерпретация позволяет корректно применить математический аппарат при расчете уровня безопасности информационной системы в целом, за счет построения соответствующей схемы последовательно-параллельного резервирования.

Предложенная же интерпретация атаки позволила сделать важнейший вывод о том, что в отношении защиты от атаки не принципиальным является то, какая из уязвимостей, используемых атакой, нивелируется средством защиты, в любом случае, одинаково включаемом в схему резервирования. Это позволило ввести количественную оценку актуальности уязвимости для информационной системы, определяемую на орграфе совокупности актуальных для информационной системы атак числом атак, использующих уязвимость. Использование данной характеристики положено в основу разработанного метода проектирования системы защиты информационной системы.

Для количественной же оценки актуальности атаки на информационную систему предложена математическая модель сложности атаки, в основу которой положена вероятностная мера количества информации, предложенная К. Шенноном. Сложность атаки на уязвимость предложено характеризовать тем количеством информации (ее вероятностной мерой), которым должен обладать злоумышленник в отношении этой уязвимости для осуществления успешной атаки на уязвимость. Доказано, что сложность атаки на информационную систему равна суммарной сложности атак на уязвимости, используемых атакой на информационную систему.

С использованием предложенной характеристики сложности атаки разработана математическая модель потенциального нарушителя (злоумышленника), которая должна применяться при проектировании системы защиты для конкретной информационной системы. Потенциального злоумышленника предложено характеризовать максимальной сложностью атаки, осуществленной в отношении подобной информационной системы (что может определяться с использованием средств аудита при эксплуатации подобной системы).

Проведенное в работе с использованием полученных результатов исследование позволило определить наиболее актуальные уязвимости современных информационных систем.

В части же реализации защиты от атак на наиболее актуальные уязвимости основной **целью работы** являлось исследование существующих подходов к защите и разработка эффективных методов защиты, основанных на реализации контроля и разграничения прав доступа к ресурсам. В частности, в результате проведенных с использованием математического аппарата теории массового обслуживания исследований антивирусных средств защиты, показано, что моделирующая их система массового обслуживания не стационарна (в практической области применения). Альтернативный же известный подход к защите (известные методы защиты), основанный на реализации разграничительной политики доступа к ресурсам (в рассматриваемом случае – к файловым объектам) не может быть эффективно использован для решения рассматриваемых задач защиты от атак на наиболее актуальные уязвимости по двум причинам, во-первых, разграничительная политика доступа должна быть реализована для субъекта доступа «пользователь, процесс» (а не просто пользователь, что реализуется современными средствами защиты), во-вторых, разграничения прав доступа должны назначаться субъектам в отношении именно

создаваемых файлов, так как именно эти файлы, с одной стороны, предназначены для хранения защищаемой информации, с другой стороны, несут в себе угрозу внедрения на компьютер вредоносного кода. Разделение файлов на создаваемые, к которым должны назначаться права доступа субъектов, и статичные известными средствами защиты невозможно. В работе предложены принципы и разработаны методы (дискреционный и мандатный) контроля доступа к создаваемым файлам, основанные на автоматической разметке создаваемых файлов, посредством автоматической записи в их атрибуты при создании учетной информации создающего файл субъекта доступа. При этом из разграничительной политики исключается сущность «объект доступа» – к файлам (ко всем файлам, где бы они ни создавались), создаваемым одним субъектом, назначаются права доступа других субъектов. Реализующее разработанные методы контроля доступа к создаваемым файлам техническое решение запатентовано. Разработаны разграничительные политики, реализующие защиту от атак на наиболее актуальные уязвимости, оценена эффективность разработанных методов защиты.

Предложенные принципы, разработанные и апробированные методы составляют основу новой технологии защиты, практическая реализация которой требует принципиального изменения подходов к решению множества иных задач защиты, например, шифрования и гарантированного удаления файловых объектов, поскольку объектом защиты здесь уже является не конкретный файл, а файл, созданный конкретным субъектом доступа. Эти вопросы автор предполагает рассмотреть в своих дальнейших исследованиях.

Литература

1. Щеглов К.А., Щеглов А.Ю. Эксплуатационные характеристики риска нарушений безопасности информационной системы // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2014. – № 1(89). – С. 129–139.
2. Щеглов К.А., Щеглов А.Ю. Принцип и методы контроля доступа к создаваемым файловым объектам // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2012. – № 7. – С. 43–47.

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

Антонова Алена Станиславовна
Год рождения: 1986
Факультет точной механики и технологий,
кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии, группа № 6663
Направление подготовки: 200100 – Приборостроение
e-mail: alena6357069@rambler.ru

УДК 004.932.2

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ СЕГМЕНТАЦИИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫХ ТОМОГРАММ КОЛЕННОГО СУСТАВА

А.С. Антонова
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.О. Казначеева

Одним из основных методов диагностики, позволяющим количественно оценить структурные изменения и геометрические параметры отдельных органов и структур, является магнитно-резонансная томография (МРТ). Травматические повреждения коленного сустава являются одними из частых показаний к проведению МР-исследования, где измерение линейных размеров позволяет оценить такие структуры, как суставной хрящ, связки, сухожилия, мышцы.

В МРТ для получения дополнительной диагностической информации часто требуется постобработка изображений, использование специальных программных средств. Подобное программное обеспечение есть у различных производителей томографов и построено на анализе серии изображений с использованием различных значений времени появления эхо-сигнала (TE). Однако в настоящее время не существует полностью автоматических программ для количественной оценки тканей коленного сустава ввиду сложности его анатомического строения и малых размеров структур. Одним из наиболее распространенных способов анализа является сегментация, которая позволяет оценить характер распределения тканей, повысить достоверность диагностики.

Вышеизложенные положения определяют высокую актуальность создания средств автоматической сегментации тканей по данным МРТ.

Целью работы являлась сегментация тканей коленного сустава на МР-томограммах по данным морфометрии.

Коленный сустав является одним из наиболее сложных суставов человеческого тела и наиболее часто подвергается повреждениям, поэтому большая доля МРТ-исследований приходится именно на него. Коленный сустав объединяет бедренную и большеберцовую кости и является рычагом нижней конечности при ходьбе, что обусловливает высокую нагрузку на него. По форме и объему движений является сложным блоковидно-вращательным суставом. Мениск в корональной и сагиттальной плоскостях имеет форму «бабочки» на периферических срезах и свободные от сигналов треугольники на центральных срезах. Часто между латеральным мениском и малоберцовой латеральной связкой существует зона с пониженным сигналом. Передняя крестообразная связка визуализируется на всем протяжении, в месте ее прикрепления к большеберцовой кости могут появиться участки с повышенным сигналом вследствие включения жировой ткани между отдельными волокнами. Задняя крестообразная связка дает однородный низкий сигнал и легко визуализируется на сагиттальных срезах. Собственная связка надколенника на МРТ выглядит как

прямолинейная структура с низкой интенсивностью сигнала при использовании любой импульсной последовательности (ИП).

Часто для различных целей в МРТ требуется постобработка изображений, включающая фильтрацию и сегментацию, позволяющая устранить дефекты изображений, подчеркнуть характерные особенности, повысить точность анализа, автоматизировать его. Наиболее часто используемыми фильтрами являются винеровская фильтрация, медианная фильтрация и гауссово размытие. Сегментация может осуществляться пороговыми методами (с одним или несколькими порогами) и методами выделения границ, наиболее эффективным из которых является метод Канни. Также часто используются маски Собела и Превитта.

Обработка медицинских изображений имеет определенную специфику, например, сложность формы объектов, влияние искажающих факторов, таких как шумы, расфокусировка и артефакты изображений, а также повышенные требования к точности определения границ тканей. Для сегментации тканей на томограммах коленного сустава целесообразно использовать бинарную сегментацию с двойным ограничением, так как интенсивность сигнала исследуемой области может варьироваться.

В работе для анализа использованы исследования коленных суставов, выполненные в клинике «Скандинавия», которая является крупнейшим многопрофильным медицинским центром в Санкт-Петербурге. Исследования проводились с использованием стандартных протоколов, документированных в стандартных операционных процедурах. Для регистрации сигнала использована приемо-передающая катушка для исследований коленных суставов (диаметр 24 см). Исследования состояли из 7 серий, общая продолжительность сканирования составляла 30–35 мин. Серии с контрастным усилением не анализировались.

Для решения задач работы анализировались МР-томограммы коленных суставов 100 здоровых взрослых добровольцев, так как повреждения тканей и возраст пациентов до 18 лет являются причиной изменения интенсивности сигнала. Хрящевая ткань наиболее визуально различима на сагиттальных срезах при использовании импульсных последовательностей с подавлением сигнала от жира. Измерения выполнялись для серий FSE T1 взвешенности изображения (ВИ), GRE T2* ВИ и PD FSE fat sat ВИ, обеспечивающих различную контрастность тканей. Все изображения были получены с помощью протоколов, обеспечивающих различное пространственное разрешение, уровень зашумленности и продолжительность сканирования.

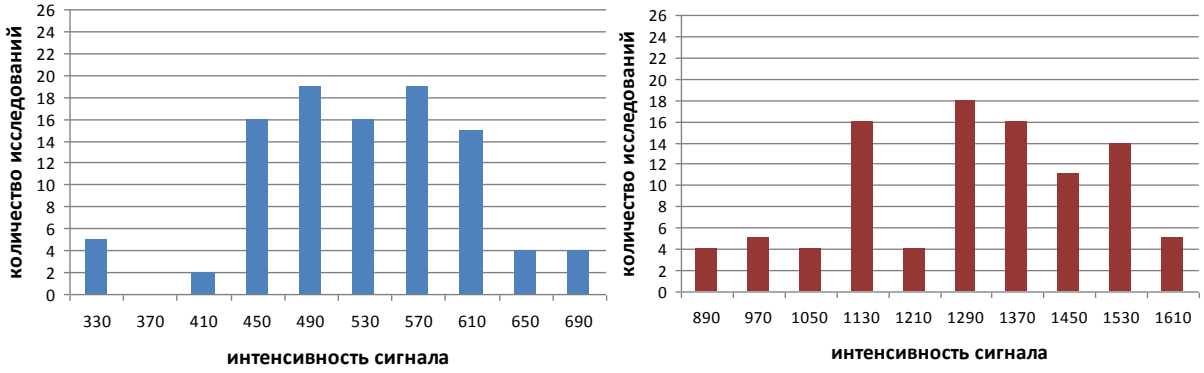
Измерения интенсивностей сигналов выполнялись в пакете e-Film для основных тканей: хряща, головки кости, мышцы, жира (табл. 1). Оценка результатов выполнялась путем вычисления диапазонов интенсивностей регистрируемых сигналов и контрастности тканей при идентичных условиях измерения.

Таблица 1. Интенсивности сигналов для анализируемых тканей

Структура	Импульсная последовательность		
	T1 FSE	T2*GRE	PD FSE fs
Хрящ	528±44	498±46	373±28
Головка кости	1298±52	142±28	55±12
Мышца	472±35	403±29	194±22
Жир	1743±64	420±33	244±34

Сигнал от хряща максимален на FSE T1ВИ и GRE T2* ВИ, однако интенсивности сигнала хряща и окружающих тканей имеют близкие значения. Таким образом, ткани хряща наиболее различимы на PD FSE fat sat ВИ. Сигнал от кости максимален на FSE T1 ВИ.

Во всех случаях распределение результатов измерений было близко к нормальному (рис. 1) что позволило рассчитать математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение.



а б

Рис. 1. Распределение сигналов на FSE T1 ВИ: хрящ (а); кость (б)

Полученные значения интенсивностей сигналов использовались для расчета контрастности между тканями, которая характеризует визуальную различимость двух соседних тканей (табл. 2). Более высокое значение контрастности улучшает восприятие различий между исследуемыми областями и повышает эффективность автоматической сегментации при картировании. Контрастность хряща с окружающими тканями в сериях T1 FSE и T2*GRE низкая, сигналы имеют близкие значения, что создаст трудности при автоматической сегментации и дальнейшем моделировании, так как помимо мениска будут выделяться также объекты, имеющие схожие с ним значения интенсивности. Таким образом, для сегментации хряща целесообразно использовать изображения, полученные с помощью PD FSE fs ИП.

Таблица 2. Контрастность тканей на изображениях коленного сустава

Ткани	Импульсная последовательность		
	T1 FSE	T2*GRE	PD FSE fs
Хрящ/головка кости	0,42	0,56	0,74
Хрящ/мышца	0,06	0,11	0,32
Хрящ/жир	0,54	0,08	0,21
Головка кости/мышца	0,47	0,48	0,56

На следующем этапе анализировалась зависимость интенсивности сигнала от хрящевой и костной тканей для различных импульсных последовательностей от возраста пациентов (рис. 2). Анализ статистики результатов измерения интенсивностей сигналов от различных тканей не выявил существенной зависимости от возраста, однако наблюдается снижение интенсивности сигнала с возрастом пациента, что вызвано уменьшением содержания в них воды.

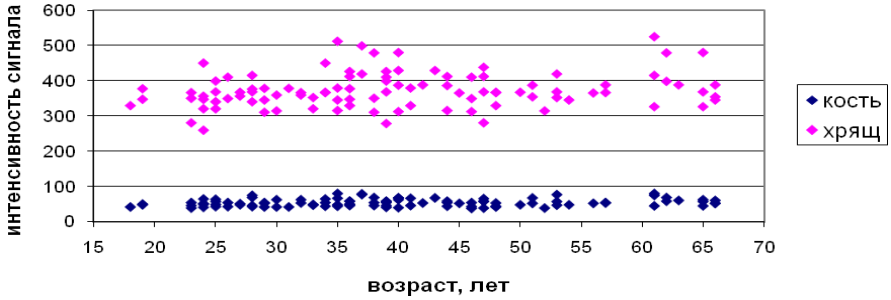


Рис. 2. Интенсивность сигнала от хряща и кости для PD FSE fs томограмм

Для уменьшения случайного шума на МР-изображениях существует ряд несложных фильтров. В работе проанализировано влияние винеровской, медианной фильтрация и гауссовского размытия на характеристики томограмм и точность последующей сегментации хряща. Это связано с тем, что оценка мениска и хряща представляет особую трудность из-за их небольшого размера и часто недостаточной контрастности с граничащими тканями. Яркий сигнал от хряща на GRE-изображениях уменьшается при использовании гауссова размытия, которое также приводит к потере данных о строении головки бедренной кости на FSE T1-изображениях.

Наибольшую контрастность хряща с окружающими тканями дают PD ВИ с подавлением сигнала от жира, однако использование гауссова размытия также приводит к снижению точности оценки толщины хряща и незначительной потере контрастности при использовании адаптивного фильтра Винера. Вместе с тем, использование медианного и адаптивного фильтров в большинстве случаев дают хороший результат, не внося геометрических искажений при размере маски не превышающем 3×3.

Для сегментации хряща и головки кости в среде MATLAB реализован алгоритм, использующий бинаризацию с двойным ограничением, включающий следующие шаги:

1. фильтрация изображения – использовалась винеровская фильтрация, медианная фильтрация и гауссовское размытие с целью сравнения качества последующей сегментации;
2. пороговая обработка – задаются верхний и нижний пороги, значения которых были выбраны на основании рассчитанных средних значений интенсивностей сигналов;
3. отсечение лишних объектов с помощью морфологических функций (дилатация, эрозия и др.);
4. вычисление площади объектов на изображении.

На этапе пороговой обработки необходимо использовать данные, имеющие наибольшую контрастность анализируемой ткани. Хрящ имеет максимальную контрастность с окружающими тканями на изображениях, полученных с помощью последовательностей FSE fs и GRE. Задаются верхний и нижний пороги, значения которых выбраны на основании рассчитанных средних значений интенсивностей сигналов. При применении пороговой обработки получается бинарное изображение с четко выраженными контурами. Для сегментации костной ткани были использованы изображения, полученные с помощью T1 FSE ИП, так как на них она имеет максимальную интенсивность сигнала и достаточно высокую контрастность с мышцами. Недостатком пороговой обработки является выделение помимо хряща и кости на изображениях также частей других тканей.

С целью повышения качества сегментации была выполнена операция вычитания бинарной маски изображения, полученной при помощи GRE T2* ИП из бинарной маски изображения, полученной при помощи PD FSE fs, а также операции их сложения и умножения, что, однако, не оказало существенного влияния на результат сегментации хряща.

Выделение границ тканей осуществлялось с использованием следующего алгоритма в программном пакете MATLAB:

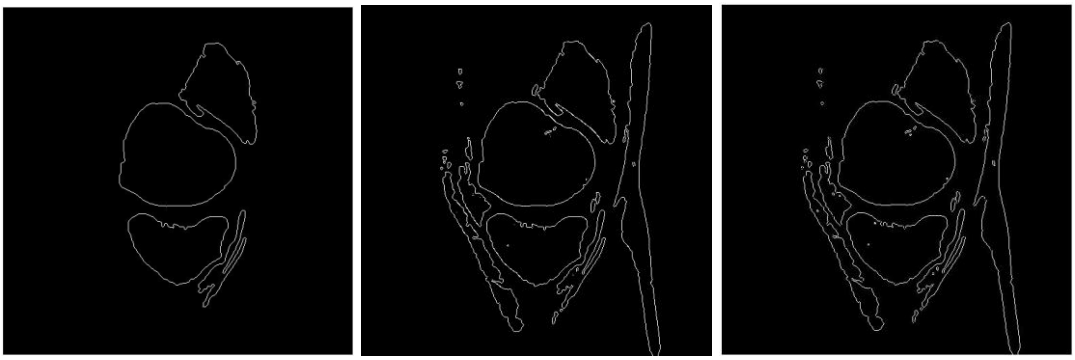
1. построение гистограммы полутонов изображения, определение порогов, которые наиболее четко соответствуют действительным контурам;
2. отсечение лишних объектов с помощью морфологических функций;
3. выделение границ структур с помощью выбранного оператора, в работе использовались три – операторы Канни, Собела и Превитта. При использовании детектора Канни был применен коэффициент 0,9, детектора Собела – 0,4, детектора Превитта – 0,3, что позволило не создавать ложные объекты и не удалять

необходимые;

4. заливка замкнутых областей на изображениях – позволяет создать равномерное заполнение сегментированных областей и анализировать изображения с учетом площадей объектов;
5. разбиение изображения на слои смежных пикселей – позволяет получить только интересующий объект на изображении;
6. вычисление площади объектов на изображении.

а б в

Рис. 3. Выделение границ хряща методом: Канни (а); Собела (б); Превитта (в)



а б в

Рис. 4. Выделение границ кости методом: Канни (а); Собела (б); Превитта (в)

В качестве критериев оценки сегментации использовался визуальный анализ, а также такие количественные критерии, как чувствительность и избирательность.

Визуальный анализ показал, что среди рассмотренных методов выделения границ (рис. 3, 4) наиболее эффективен метод Канни, так как при его использовании выделяется наименьшее количество лишних объектов (рис. 5).

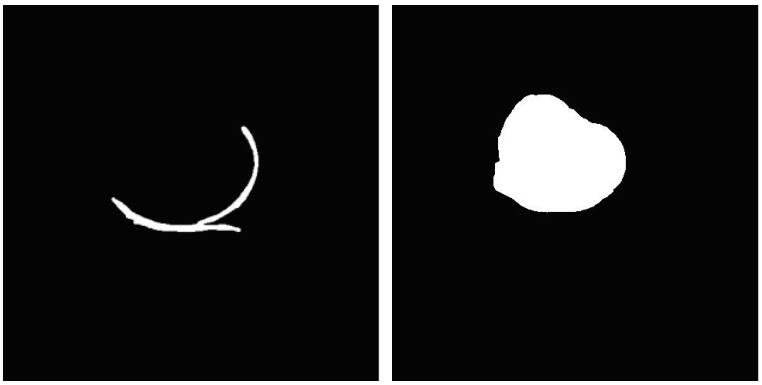


Рис. 5. Сегментация хряща и кости

Оценка результатов выполнялась путем сравнения изображения, полученного с помощью реализованного алгоритма, с результатом ручной сегментации. Предварительно к анализируемым сериям изображений применялись рассмотренные фильтры, затем выполнялась сегментация хрящевой ткани методами пороговой обработки и выделения границ Канни. Критериями количественной оценки служили чувствительность (коэффициент, отражающий количество верно сегментированных пикселей объекта) и избирательность (коэффициент, отражающий количество верно сегментированных пикселей фона). Предварительная фильтрация оказывает влияние на результаты сегментации изображений только в случае пороговой обработки (табл. 3), в случае использования метода выделения границ результат не изменяется. При пороговой обработке наилучшие результаты сегментации достигаются при использовании винеровской фильтрации, повышающей чувствительность в среднем на 10%.

Таблица 3. Оценка влияния фильтрации на результаты сегментации хряща

Метод сегментации	Фильтрация	Площадь объектов на изображении	Чувстви-тельность	Избиратель-ность
Пороговая сегментация	Без фильтрации	3477	0,648	0,995
	Винеровская	2976	0,757	0,997
	Медианная	3087	0,730	0,997
	Гауссовское размытие	3250	0,693	0,996
Метод Канни	Без фильтрации	2668	0,84	0,998
	Винеровская	2668	0,84	0,998
	Медианная	2668	0,84	0,998
	Гауссовское размытие	2668	0,84	0,998

Значения чувствительности и избирательности наиболее высокие для метода выделения границ Канни, чувствительность метода в среднем составила 0,916, избирательность – 0,998, соответственно, его использование дает наилучшие результаты сегментации среди рассмотренных методов, что согласуется с визуальной оценкой (табл. 4).

Таблица 4. Оценка результата сегментации кости и хряща различными методами

Метод сегментации	Ткань	Площадь объектов на изображении	Чувстви-тельность	Избиратель-ность
Пороговый метод	хрящ	2977	0,757	0,997
	кость	56561	0,341	0,847
Метод Канни	хрящ	2668	0,844	0,998
	кость	19582	0,987	0,999

Использование результатов обработки для моделирования поверхностей анатомических структур позволит применить их в задачах расчета нагрузок на коленный сустав в травматологии и ортопедии.

Таким образом, для обеспечения наилучшего результата сегментации структур коленного сустава по данным МРТ необходимо:

– при сегментации тканей пороговым методом для выделения хряща целесообразно использовать изображения, полученные с помощью PD FSE fat sat ИП, для сегментации кости – изображения, полученные с помощью T1 FSE ИП;

– при пороговой обработке томограмм необходима предварительная фильтрация изображения от шумов с целью повышения качества сегментации, наилучшие результаты среди рассмотренных методов показала винеровская фильтрация;
– для выделения объектов на томограммах методами выделения границ необходима предварительная обработка гистограммы изображения, что снижает количество ошибочно сегментированных объектов;
– для сегментации тканей наилучшего результата позволяет достичь использование метода Канни в комбинации с морфологическими операциями дилатации и эрозии.

Выполненные в работе исследования показывают, что:

1. предобработка изображений, одним из распространенных способов которой является сегментация, повышает точность количественной оценки тканей;
2. эффективность выделения границ структур на МР-изображениях различной взвешенности зависит от контрастности и интенсивности регистрируемого сигнала;
3. автоматическая сегментация отдельных тканей коленного сустава может осуществляться различными алгоритмами, эффективность которых определяется, в том числе видом сегментируемых структур;
4. результаты автоматической сегментации могут быть использованы для создания трехмерных моделей тканей коленного сустава, что облегчит врачу визуальное восприятие патологических областей и областей малых размеров.

Литература

1. Germond L., Dojat M., Taylor C., Garbay C. A cooperative framework for segmentation of MRI brain scans // Artificial Intelligence in Medicine. – 2000. – V. 20. – P. 77–93.
2. Kainmueller D., Lamecker H., Zachow S. et. al. Multi-object segmentation with coupled deformable models // Proc. of Medical Image Understanding and Analysis. – 2008. – P. 34–38.
3. Shan L., Zach C., Styner M. et.al. Automatic bone segmentation and alignment from MR knee images // SPIE Proceedings. – 2010. – V. 7623. – P. 112–125.
4. Мёллер Т.Б., Райф Э. Атлас секционной анатомии человека. Т. 3. – М: МЕДпресс-информ, 2010. – 344 с.
5. Насникова И.Ю., Морозов С.П., Филистеев П.А. Магнитно-резонансная томография: методы количественной оценки состояния суставного хряща // Российский электронный журнал лучевой диагностики. – 2011. – Т. 1. – № 3. – С. 75–81.

Бондарь Илья Игоревич
Год рождения: 1991
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа № 6309
Направление подготовки: 200400 – Оптотехника
e-mail: ilia118@yandex.ru

УДК 535.8

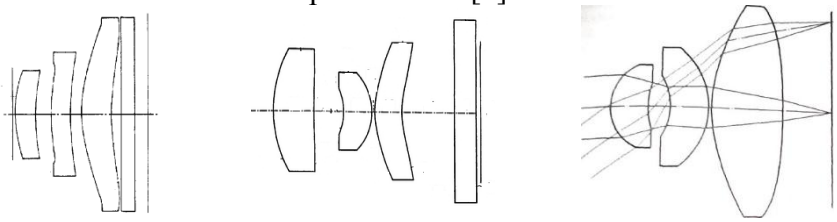
ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ МАЛОГАБАРИТНОГО ОБЪЕКТИВА ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С АСФЕРИЧЕСКИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

И.И. Бондарь
Научный руководитель – к.т.н., доцент Г.Э. Романова

В последние годы появилась потребность в разработке новых типов объективов для камер мобильных телефонов, что в первую очередь обусловлено появлением новых приемников излучения с более высокой разрешающей способностью, а также непрерывно растущим спросом на мобильные телефоны со встроенными видеокамерами [1]. Разработки подобных оптических систем в настоящее время ведутся во всех странах, производящих мобильные телефоны, лидерами среди которых являются Южная Корея и Япония.

Современные объективы мобильных телефонов в основном изготавливаются из полимерных материалов, так как это облегчает их массовое производство, поскольку в этом случае линзы могут быть изготовлены методом литья, а также позволяет уменьшить вес.

Из большого числа органических стекол в оптике чаще всего применяются термопласты, что обусловлено как наиболее благоприятным сочетанием их оптических свойств, так и экономическими соображениями [2].



а б в

Рис. 1. Схемы компактных объективов: US Patent 6441971 (2ω=60°; f'=4,2 мм; L=5,3 мм, 4 асферические поверхности) (а); US Patent 6930841 (2ω=66,7°; f'=3,93 мм; L=4,7 мм, без асферических поверхностей) (б); US Patent 6927925 (2ω=68°; f'=4,5 мм; L=6,56 мм, 6 асферических поверхностей) (в)

В работе был выполнен обзор схем компактных объективов, некоторые из которых приведены на рис. 1. Все рассмотренные схемы достаточно компактны, во многих схемах применяются асферические поверхности, в некоторых из найденных схем число асферических поверхностей доходит до 6 в трехлинзовой схеме. Отечественные разработки в этом направлении представлены работой [1], опубликованной в Оптическом журнале, в которой описывается процесс проектирования схемы компактного объектива.

Несмотря на большое количество уже разработанных схем, представляет интерес поиск оптимальной схемы такого объектива, позволяющего упростить конструкцию, уменьшить габариты и вес, без снижения качества изображения. Получение

необходимого качества изображения невозможно без применения асферических поверхностей, причем в различных источниках предлагаются варианты с разным числом асферических поверхностей и разным используемым типом уравнений для их описания. В любом случае для коррекции качества изображения необходим этап автоматизированного расчета, результаты которого зависят не только от выбора стартовой точки, но и от выбора параметров оптимизации, в частности, числа и типа асферических поверхностей в системе.

В качестве объекта исследования рассматривается трехкомпонентный объектив, построенный по схеме «триплета», т.е. трехлинзового объектива из двух положительных линз и одной отрицательной. Параметры объектива, при которых проводилось исследование, следующие: фокусное расстояние объектива f'=5 мм, относительное отверстие 1:5 и угловое поле в пространстве предметов 2ω=40°. Длина системы 4,86 мм, апертурная диафрагма совпадает с четвертой поверхностью.

Таблица 1. Конструктивные параметры

№ пов.	Радиус	Толщина	Стекло (n_e; ν_e)	Св. высота
1	1,415	0,63	1,49; 57,8	1,09
2	–8,113	0,23		1,06
3	–2,371	1	1,62; 24,0	0,78
Аперт.диафр.	–2,952	1,0		0,41
5	–0,833	1,00	1,49; 57,8	0,62
6	–2,173	1,00		1,18

Исследования проводились путем добавления асферических поверхностей различных порядков последовательно на каждой поверхности, а также сочетании поверхностей, и последующей оптимизации системы. Параметры оптимизации и функция качества (в том числе ограничения на конструктивные параметры) оставались неизменными для каждого варианта. В качестве параметров оптимизации использовались радиусы, толщины и осевые расстояния, а также поддерживалось значение фокусного расстояния и общая длина всей системы таким образом (табл. 1). Функцией качества служит среднеквадратическое отклонение волновой аберрации. Рассматривались варианты как с одной асферической поверхностью, так и с двумя. Всего было рассчитано свыше ста шестидесяти вариантов.

При расчетах использовались следующие типы уравнений [3]:

1. $$z = \frac{c\rho^2}{1+\sqrt{1-(1+k)c^2\rho^2}} + \alpha_1\rho^2 + \alpha_2\rho^4 + \alpha_3\rho^6,$$

где ρ – радиальная координата; c – кривизна при вершине, $c = 1/r$; r – радиус кривизны; k – коническая константа ($k = -e^2$, e – эксцентриситет); α_i – коэффициенты асферик.

2. $$z = \frac{c\rho^2}{1+\sqrt{1-(1+k)c^2\rho^2}} + \beta_1\rho^1 + \beta_2\rho^2 + \beta_3\rho^3,$$

т.е. нечетная асферика, в уравнении которой содержатся как четные, так и нечетные степени радиальных координат. Здесь β_i – коэффициенты асферик.

В российской практике для описания асферических поверхностей часто применяют уравнение в системе координат, связанной с вершиной поверхности [4]:

$$x^2 + y^2 = 2r_0 z - (1-e^2)z^2 + a_3 z^3 + \ldots,$$

где r_0 – радиус кривизны при вершине; e – эксцентриситет образующей кривой второго порядка; $a_2 = -(1-e^2)$ – коэффициент деформации второго порядка. Задание поверхности непосредственно с использованием такого уравнения в программе ZEMAX не

предусмотрено среди базовых возможностей этого программного комплекса, поэтому уравнение такого вида является наглядным и удобным для восприятия. Для использования такого типа уравнения в программе ZEMAX был создан файл библиотеки *.dll, позволяющий проводить расчет без использования аппроксимации, что могло бы привести к дополнительным неточностям при расчете. При использовании этого созданного файла поверхность задается как User Defined [3], а коэффициенты уравнения поверхности задаются непосредственно в расчетной программе. С использованием пользовательского файла DLL была проведена еще одна серия расчетов.

Для сравнительного анализа рассчитанных вариантов использовался коэффициент передачи контраста (КПК) для частоты 150 л/мм (K_{150}) для осевой точки, края поля и зоны поля (табл. 2).

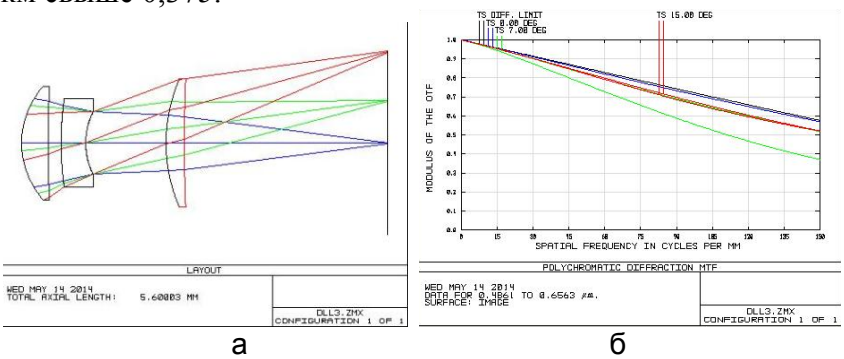
Таблица 2. Лучшие варианты с использованием асферических поверхностей

№ поверхности	КПК на частоте 150 л/мм ω=0°	КПК на частоте 150 л/мм ω=10°	КПК на частоте 150 л/мм ω=20°	$-e^2$	Порядок асферики
1	0,23	0,12	0,02	–0,14	2
1, 3	0,22	0,12	0,08	–0,297 (1) –2,767 (2)	2
1, 5	0,23	0,042	0,025	0,000751 (1) 0,15 (5)	2 (1) 1 (5)
3	0,23	0,12	0,12	1,142	Четная 4,6
1, 2	0,23	0,11	0,07	–0,179 (1) 23,06 (2)	Нечетная 3
1	0,25	0,13	0,05	0,197	Dll 3
4	0.26	0,164	0,02	53,52	Dll 4

На следующем этапе работы было проведено исследование с целью выявления лучшего сочетания полимерных материалов. По итогам серий расчетов можно было с уверенностью сделать вывод о том, что наилучшим сочетанием материалов является полиметилметакрилат в качестве материалов первой и третьей линз и поликарбонат – второй линзы.

С использованием результатов проведенных исследований, были рассчитаны несколько вариантов систем.

Система 1. С использованием при расчете асферической поверхности файла DLL. Параметры: фокусное расстояние f'=5,4 мм; угловое поле 2ω=30°; относительное отверстие 1:4; длина всей системы 5,6 мм (рис. 2). В ходе расчетов получена также и аналогичная, но более светосильная система – с относительным отверстием 1:3. КПК для такой системы на частоте Найквиста при использовании матрицы с размером пикселя 5,6 мкм свыше 0,375.

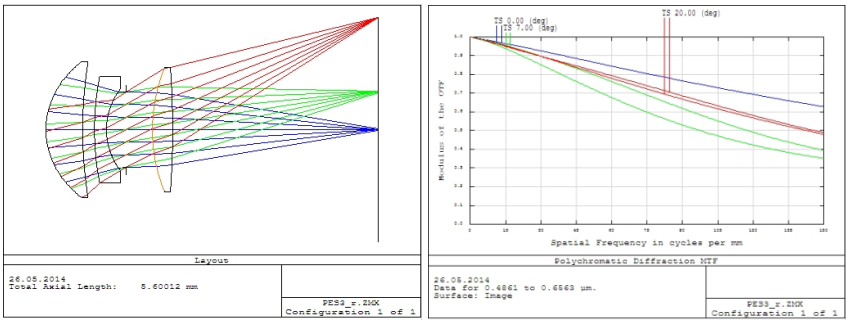


а б

Рис. 2. Объектив f'=5,4 мм; 1:4, 2ω=30°; длина всей системы 5,6 мм: схема объектива (а); частотно-контрастная характеристика (б)

Система 2. С использованием при расчете уравнения четной и нечетной асферической поверхности.

Параметры: фокусное расстояние f'=5,4 мм; угловое поле 2ω=40°; относительное отверстие 1:3; длина всей системы 5,6 мм (рис. 3). КПК для такой системы на частоте Найквиста при использовании матрицы с размером пикселя 5,6 мкм свыше 0,36.

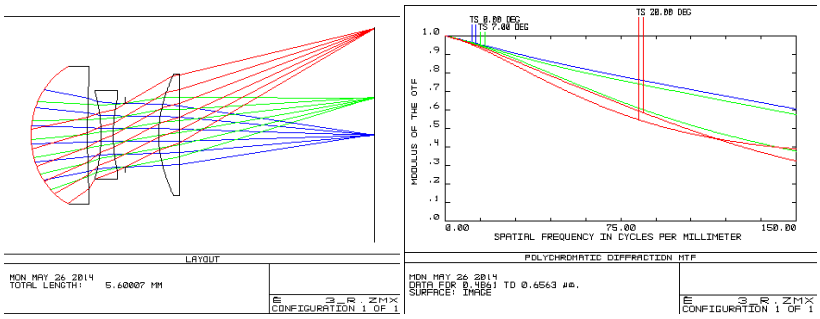


а б

Рис. 3. Объектив f'=5,4 мм, 1:3, 2ω=40°; длина всей системы 5,6 мм: схема объектива (а); частотно-контрастная характеристика (б)

Система 3. С использованием при расчете уравнения четной и нечетной асферической поверхности и уменьшенным фокусным расстоянием.

Параметры: фокусное расстояние f'=4,5 мм; угловое поле 2ω=40°; относительное отверстие 1:3; длина всей системы 5,6 мм (рис. 4). КПК для такой системы на частоте Найквиста при использовании матрицы с размером пикселя 5,6 мкм свыше 0,34.



а б

Рис. 4. Объектив f'=4,5 мм, 1:3, 2ω=40°, длина всей системы 5,6 мм: схема объектива (а); частотно-контрастная характеристика (б)

В работе рассмотрены разные типы уравнений, используемых для описании асферических поверхностей при расчете оптических систем с использованием мпециализированного программного обеспечения. Выполнено исследование с целью нахождения оптимального расположения и типа асферических поверхностей в системе. Выполнены расчеты оптических систем с различным сочетанием полимерных материалов. С использованием результатов исследований выполнен расчет нескольких вариантов объективов, полностью соответствующих техническому заданию и имеющих меньшее количество асферических поверхностей, чем объективы – аналоги.

Литература

1. Бронштейн И.Г., Зверев В.А., Лившиц И.Л., KimYoung-Gi, KimTae-Young, Jung Phil-Ho. Выбор оптической схемы и расчет малогабаритных объективов для мобильных телефонов // Оптический журнал. – 2009. – Т. 76. – № 5. – С. 25–32.
2. Серова В.Н. Полимерные оптические материалы. – СПб: Изд. НОТ, 2011. – 384 с.
3. Zemax. Optical Design Program. User’s Guide, 2013.

4. Русинов М.М. Вычислительная оптика. Справочник. – 3-е изд. – М.: Книжный дом Либроком, 2009. – 424 с.

Говоров Антон Игоревич
Год рождения: 1991
Естественнонаучный факультет,
кафедра интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере, группа № 6709
Направление подготовки: 230400 – Информационные системы и технологии
e-mail: antongovorov@gmail.com

УДК 004.942

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО КОМПЬЮТЕРНЫМ СЕТЯМ КАК КОМПОНЕНТА ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

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

В работе приводятся результаты исследования, **целью** которого являлось определение наиболее значимых и востребованных особенностей проектирования и применения виртуальных лабораторных практикумов (ВЛП) как компонента информационно-образовательной среды на примере виртуального лабораторного практикума по моделированию компьютерных сетей.

Современный этап информатизации российского образования одной из первостепенных задач ставит внедрение в образовательный процесс информационно-коммуникационных, в том числе дистанционных, технологий на любом уровне обучения (школа, среднее профессиональное, высшее, дополнительное образование). С другой стороны, процесс подготовки специалистов в технических областях, квалификация которых соответствует усложняющимся технологиям в области компьютерных коммуникаций, сетей и сетевых технологий, требует от образовательных учреждений больших и регулярных затрат на обновление устаревшего компьютерного парка и коммуникационного оборудования учебных классов. Одним из способов для решения указанных проблем в условиях различных форм обучения является использование средств имитационного моделирования – метода исследования, основанного на том, что изучаемый реальный прототип заменяется его имитатором – натуральной или информационной моделью – с которым и проводятся лабораторные эксперименты с целью получения информации об особенностях прототипа. Так как экспериментальная работа студентов является одной из важнейших составляющих инженерного образования и позволяет закрепить теоретические положения лекционного материала путем наглядной демонстрации и воспроизведения изучаемых явлений и процессов, разработка и внедрение в учебный процесс электронных образовательных ресурсов типа «виртуальный лабораторный практикум» является актуальной задачей для любого современного образовательного учреждения.

Для выявления значимых функциональных, архитектурных, организационно-методических характеристик ВЛП было проведено исследование прямых и косвенных аналогичных решений, предназначенных для дисциплин (учебных курсов) различной

направленности (технических, естественнонаучных и гуманитарных). Особенности представленного в работе ВЛП по компьютерным сетям, который состоит из двух подсистем (системы управления процессом обучения (пользовательский уровень преподавателя и обучающихся) и программной среды моделирования, в которой выполняются лабораторные работы), определили два направления рассмотрения аналогов системы: как средства моделирования объекта изучения и как организационно-методического средства управления учебным процессом. Проведенное исследование аналогичных решений позволило выявить ряд значимых особенностей ВЛП, которые необходимо учитывать при разработке системы в аспекте двух выделенных подсистем.

Степень значимости функциональных модулей для каждой из выявленных особенностей и их приоритетность, которую можно учесть при проектировании и разработке программного обеспечения, была проанализирована методом групповых экспертных оценок (ранжирования) с привлечением к исследованию преподавателей и специалистов в области IT. К исследованию были привлечены 32 эксперта в сфере педагогики из Университета ИТМО, Южно-Уральского государственного университета и Уфимского промышленного колледжа: научные сотрудники и преподаватели, ведущие учебные курсы с использованием ВЛП.

Объектом исследования на этом этапе являлась совокупность особенностей, выявленных на основе обзора аналогов.

1. Особенности ВЛП в аспекте среды (подсистемы) моделирования:

– универсальность среды моделирования: для оценки вынесена востребованность виртуальных средств моделирования объектов/процессов как альтернативы реальных учебных лабораторий;
– многопользовательский режим;
– применение дистанционных образовательных технологий в практической части учебного курса при очной форме обучения;
– применение активных технологий обучения;
– детализация этапов выполнения лабораторной работы;
– управление временем выполнения работ средствами подсистемы моделирования;
– режим выполнения работ: так как представленный ВЛП предназначен для использования при очной форме обучения (при котором синхронный режим является классическим), то для оценки экспертов вынесена актуальность использования ВЛП в асинхронном и комбинированном режиме обучения (синхронный + асинхронный).

2. Особенности ВЛП в аспекте подсистемы управления:

– наличие силлабуса;
– теоретическая (информационная) поддержка;
– формирование индивидуального учебного плана обучающегося;
– организация входного контроля для допуска к работе;
– организация итогового контроля по результатам выполнения работы;
– реализация принципа регулярности;
– режим обучения (синхронный/асинхронный/комбинированный);
– уровень коммуникаций;
– объективность оценивания: для оценивания экспертами вынесена актуальность различных способов оценивания и комбинирование этих способов. В различных системах оценивание может производиться преподавателем (вручную), автоматизировано, другими студентами. Для достижения максимальной объективности оценки результатов возможно сочетание различных способов;

– применение активных методов обучения: для оценивания предлагается использование элементов геймификации в подсистеме управления;
– управление уровнем сложности работ: для оценивания экспертами вынесена актуальность дифференциации уровня заданий для обучающихся и требований к обучающимся в зависимости от их способностей.

Для сбора первичной эмпирической информации были разработаны две анкеты. Первая анкета включала вопросы экспертам об оценке особенностей ВЛП в аспекте двух подсистем: подсистемы моделирования и подсистемы управления. Вторая анкета была составлена для проведения оценки компетентности экспертов.

Результаты исследования показали невысокую согласованность экспертных мнений, тем не менее полученная статистическая значимость по обеим группам особенностей оказалась высокой, поэтому гипотеза о согласованности мнений экспертов была принята. Интерпретация результатов, которая производилась по каждой исследуемой группе особенностей, позволила провести ранжирование особенностей ВЛП по двум выделенным группам для подсистем моделирования объекта моделирования и подсистемы управления учебным процессом, которое может учитываться при проектировании соответствующих функциональных модулей ВЛП, обеспечивающих программно каждую из них.

3. Особенности ВЛП в аспекте подсистемы моделирования (по убыванию степени значимости):
– группа 1 (особенности 7 (комбинированный режим), 1, 3);
– группа 2 (особенности 4, 5);
– группа 3 (особенности 7 (асинхронный режим), 2);
– группа 4 (особенность 6).
4. Особенности ВЛП в аспекте подсистемы управления (по убыванию степени значимости):
– группа 1 (особенности 1, 7, 8 (дистанционная система коммуникаций между преподавателем и обучающимся), 6, 9 (комбинированные способы проверки));
– группа 2 (особенности 8 (возможность студентам и преподавателям оставлять комментарии к работам), 2 (необходимость создания электронной библиотеки, в которой ресурсы привязывались бы к различным элементам учебного курса, таким как «теория», «лабораторная работа», «аудиторная самостоятельная работа», «внеаудиторная самостоятельная работа» и т.д.), 9 (возможность преподавателю вручную оценивать работы), 5, 10, 9 (возможность настраиваемой автоматической проверки результатов работ), 3, 4);
– группа 3 (особенности 8 (возможность обучающемуся вести список заметок к работе), 8 (модуль проверки работ в ВЛП с помощью загрузки одного или нескольких файлов для отправки преподавателю));
– группа 4 (особенность 11).

Представленный в работе ВЛП по компьютерным сетям проанализирован в аспекте значимых реализованных особенностей: программно-технических; дидактических и организационно-методических.

Исследование показало, что при создании систем, подобных представленному ВЛП, при выборе программной архитектуры в первую очередь следует учитывать следующие характеристики для подсистемы моделирования и подсистемы управления: универсальность среды моделирования (использование виртуальной среды моделирования как альтернативы реальной лаборатории); наличие сервера виртуальной среды моделирования; дистанционная система коммуникаций между преподавателем и обучающимся в практической части учебного курса средствами подсистемы

управления ВЛП при очной форме обучения; многопользовательский режим выполнения работ. Кроме того, выбор средства моделирования объекта изучения позволяет решить некоторые задачи в аспекте проектирования системы в целом, так как сервер виртуальной среды, обеспечивающий многопользовательскую работу студентов при выполнении заданий, реализуется средствами используемого программного эмулятора. Реализованная в ВЛП архитектура позволяет обеспечить комбинированный режим обучения (синхронный+асинхронный).

Особенности, относящиеся к подсистеме управления и обеспечивающие учебно-методическое сопровождение учебного процесса и эффективные коммуникации между преподавателем и обучающимися, с точки зрения программной реализации соотнесены со структурными модулями ресурсов, предназначенных для дистанционного обучения: демонстрационным, интерактивным, архивным, административно-инструментальным. Проанализирована значимость обеспечения вариативности образовательной траектории обучающегося средствами интерфейса системы, позволяющего настраивать автоматическую смену образовательной траектории студента в зависимости от текущих результатов студента. Проведена краткая сравнительная характеристика игрового обучения и геймификации.

Представленный в работе лабораторный практикум по компьютерным сетям разработан с учетом выявленных значимых особенностей в соответствии с рабочей программой междисциплинарного курса «Инфокоммуникационные системы и сети» по специальности 230115 «Программирование в компьютерных системах» факультета СПО Университета ИТМО. Дидактико-методический аспект реализации ВЛП представлен характеристикой тематического содержания лабораторных работ. Спроектирован и разработан административный модуль с использованием технологий активного обучения. Для повышения мотивационной составляющей в ВЛП использованы элементы игровых технологий при организации выполнения лабораторных работ (деловая игра, групповая имитационная игра, ролевая игра) и геймификации при организации оценивания достижений при выполнении работ. Программная реализация ВЛП представлена описанием всех этапов проектирования и реализации подсистемы моделирования объекта изучения средствами программного эмулятора и подсистемы управления учебным процессом как web-приложения.

Литература

1. Дьяченко А.В., Манжула В.Г., Попов А.Э., Семенихин И.Н., Толстобров А.П. Построение информационных систем непрерывного образования на основе Интернет-технологий. – Изд-во «Академия Естествознания», 2010 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rae.ru/monographs/98, своб.
2. Сазыкин Ю.М., Симаков А.Л., Одиноков А.В. Возможности использования информационных технологий в лабораторном практикуме по техническим специальностям [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ict.edu.ru/vconf/index.php?a=vconf&c=getForm&r=thesisDesc&d=light&id_sec=154&id_thesis=6481, своб.
3. Панфилова А.П. Инновационные педагогические технологии. Активное обучение. – М.: ACADEMIA, 2009. – 192 с.
4. Deterding S., Dixon D., Khaled R., Nacke L. From Game Design Elements to Gamefulness: defining «gamification» // MindTrek'11 Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments. – 2011. – P. 9–15.

Горбунова Екатерина Андреевна
Год рождения: 1991
Институт холода и биотехнологий, факультет экономики и экологического менеджмента, кафедра экономической теории и экономической политики, группа № и6555
Направление подготовки: 080200 – Менеджмент
e-mail: katekross@mail.ru

УДК 331.08

АНАЛИЗ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ ФИРМЫ

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

Актуальность темы исследования определяется тем, что управленческая деятельность в современных условиях выступает одним из главных факторов функционирования и развития российских предприятий. Устанавливаются новые правовые и экономические регуляторы, из-за чего изменяются взаимоотношения между руководителями предприятий, между руководителями и работниками, между всеми сотрудниками организации, а также изменяется отношение к персоналу.

Обеспечение предприятий российского бизнеса методами формирования комплексной системы управления персоналом (СУП) на базе комплексного проектирования и выявления способов оценки эффективности системы управления персоналом является важнейшей задачей управленческой науки, следовательно, теоретические разработки в данной области очень актуальны.

В настоящее время на современных российских предприятиях не достаточно разработаны теоретические основы проектирования СУП. Необходима ее комплексность и целостность при проектировании и определение параметров ее эффективности. Требуется изучение адаптации СУП к меняющимся условиям.

СУП, являясь одним из самых перспективных резервов, изучалась отечественными и зарубежными учеными на протяжении многих лет. В связи с отсутствием в этих работах комплексного характера и отражения узкоспециальных проблем, они делаются практически недоступными для руководителей-практиков.

Актуальность проблемы создания алгоритма проектирования СУП, позволяющего повысить эффективность управления персоналом в организациях, степень ее научной разработанности и значимости в условиях современной экономики позволили определить выбор темы данного исследования, его цели и задачи.

Объект исследования – СУП организации, ориентированная на развитие.

Предмет исследования – организационно-управленческие отношения, возникающие в процессе проектирования СУП.

Цель работы состояла в разработке алгоритма проектирования СУП и определении методов оценки ее эффективности.

Из цели исследования вытекает постановка и решение следующих задач:

- проанализировать понятие СУП с различных позиций обобщения;
- определить теоретико-методологические подходы к проектированию СУП;
- определить основные этапы, стадии и содержание процесса проектирования СУП;
- рассмотреть основные методы, применяемые для оценки эффективности системы.

Методологической основой настоящего исследования послужили классические взгляды на вопросы управления персоналом. Были проанализированы труды Фр.У. Тейлора, А. Файоля, Э. Мэйо, Д. МакГрегора. В условиях российской экономики такие авторы, как П.В. Журавлев, А.П. Егоршин, Б.М. Генкин, А.Я. Кибанов, В.А.Дятлов, А.А. Лобанов и Ю.Г. Одегов, рассматривают анализ и эффективность системы управления.

Практические проблемы управления персоналом современных предприятий изучены в работах С.В. Шекшня, М.В. Грачева. Исследованиями социально-психологических основ современного управления персоналом занимались В.А. Спивак, С.Б. Каверин, Е.П. Ильин и др.

Теоретической базой данной работы являются работы классиков менеджмента и теории организации, современных отечественных и зарубежных ученых по проблемам управления персонала и методологии организационного проектирования.

Методология исследования базируется на системном подходе к анализу управленческих явлений в практике российских предприятий.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретические выводы исследования могут быть использованы руководителями и специалистами предприятий, а также работниками консалтинговых компаний при построении СУП организации, проектировании СУП, оценке ее эффективности, создании оптимального трудового коллектива на предприятии специалистами кадровых служб для разработки стратегии управления персоналом. В исследовании даются конкретные рекомендации, которые могут быть использованы при проектировании и совершенствовании СУП в организации любой отраслевой направленности.

Нормативно-правовую базу исследования составляют законы и кодексы Российской Федерации (РФ), законодательные и правовые акты Президента и Правительства РФ, а также другие материалы, регулирующие взаимоотношения предприятий с персоналом.

Информационно-эмпирической базой исследования послужили данные Госкомстата РФ и территориальных статистических органов, результаты исследований отечественных и зарубежных авторов, результаты социологических опросов.

Научная ценность исследования состоит в разработке и обосновании теоретико-методологических подходов к проектированию СУП предприятия. Основные авторские обоснования, обладающие научной новизной, заключаются в следующем:

- процесс проектирования СУП рассмотрен не как единовременная акция, позволяющая предприятию построить СУП, а как непрерывный процесс, направленный на постоянное совершенствование СУП;
- выявлено, что главным показателем эффективности функционирования организации выступает целостность СУП;
- введена классификация предприятий в зависимости от стадии их жизненного цикла по следующим критериям: «новые» (вновь создаваемые), «действующие» и «реорганизующиеся» предприятия; данная классификация непосредственно влияет на цели и содержание процесса проектирования СУП; определены цели и задачи проектирования СУП для каждого типа предприятий в соответствии с предложенной классификацией предприятий.

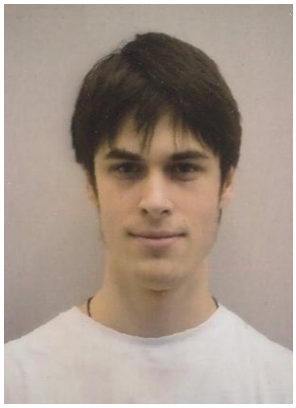
Для новых предприятий характерно повышение внимания к общей структуре СУП. Главной задачей проектирования становится формирование целей создания и соответствия СУП стратегии развития новой организации, а также формирование штата сотрудников и команды инициативных работников, которые могут реализовать свои навыки в интересах предприятия. Следовательно, на данном этапе главной целью

должно быть финансирование системы оплаты труда и эффективная работа системы найма сотрудников.

Для действующих фирм главной целью будет совершенствование уже функционирующей СУП. В период реорганизации предприятия совмещают задачи проектирования новых и действующих предприятий. А по истечению реорганизации обычно появляется, если не новое, то обновленное предприятие. Цель такого проектирования – формирование целей создания и соответствие системы управления персоналом стратегии развития новой фирмы и увеличение эффективности функционирования имеющейся СУП.

Предложено считать главным условием развития организации эффективное использование человеческих ресурсов.

Для того чтобы максимально использовать потенциал сотрудников необходимо, чтобы СУП являлась основной частью организационной стратегии предприятия и обеспечивала достижения им перспективных целей развития и создания системы показателей оценки эффективности реализации этих целей. Для того чтобы рассчитать экономическую целесообразность процесса проектирования СУП можно использовать, например, метод функционально-стоимостного анализа или метод прямых аналогий. Но, как хотелось бы отметить, применительно к крупным компаниям расчет не стоит ограничивать исключительно количественными показателями, нужно учитывать и качественные показатели. Сюда можно отнести бенчмаркинг конкурентов, который означает сравнение с лидерами рынка. В процессе сравнения с лучшими практиками на рынке очень важно превысить требования их стандартов в критических областях бизнеса, получив при этом настоящее конкурентное преимущество.



Иващенко Максим Игоревич
Год рождения: 1991
Факультет точной механики и технологий,
кафедра мехатроники, группа № 6672
Направление подготовки: 221000 – Мехатроника и робототехника
e-mail: lifeinlife@yandex.ru

УДК 621.385.832.56, 67.05, 67.017, 6621.3.038

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

М.И. Иващенко
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Козаченко

Целью работы стала разработка нового учебного лабораторного стенда на основе прибора политрон для исследования и обработки электрических сигналов, а также разработка учебно-методических рекомендаций по использованию данного стенда при выполнении лабораторных работ.

Данная работа стала частичным продолжением (переосмыслением результатов) выпускной квалификационной работы на соискание степени бакалавра, в которой также разрабатывался учебный стенд с использованием электровакуумного прибора

«Политрон ЛФ-9П». Разработанный ранее стенд имел некоторые недостатки, которые были учтены и устранены в ходе разработки данного лабораторного стенда.

Сам по себе политрон имеет значительную историю. В течение длительного времени (с начала 60-х годов прошлого столетия) рядом научных коллективов, руководимых А.И. Ставицким и А.Н. Никитиным, выполнялись научно-исследовательские работы, связанные с возможностью получения более полной информации об исследуемых сигналах. Для этой цели был разработан электронно-лучевой прибор политрон, освоенный отечественной промышленностью в 70-х годах [1]. Политрон является разновидностью функциональных электронно-лучевых трубок, которые сами по себе конструктивно подобны осциллографическим трубкам, но отличаются тем, что электронный луч попадает на функциональную матрицу – плоскую мишень со множеством отверстий, расположенных таким образом, что электронная прозрачность мишени является переменной по площади функцией, зависящей от координат x и y. Работу типичной функциональной трубки можно описать следующим образом: при подаче на обе пары отклоняющих пластин двух независимых электрических сигналов Ux и Uy луч отклоняется на мишени в точку с координатами x и y и попадает на мишень коллектора, где регистрируется выходной сигнал. В результате отклонения пучка электронов по двум координатам величина тока модулируется по определенной функции от двух (или более) переменных. Это дает возможность практически мгновенно, за время порядка единиц микросекунд, получать решения сложных алгебраических, тригонометрических или иных функций с погрешностью в доли процента.

Политрон является отдельным подвидом функциональных трубок, который конструктивно отличается от типичных функциональных трубок наличием большого количества пар отклоняющих пластин (рис. 1), которые условно называются функциональными пластинами. За счет функциональных пластин политрон способен воспроизводить любого вида функции многих переменных в широком диапазоне частот и может быть использован в качестве решающего устройства при интегрировании дифференциальных уравнений до 10-го порядка, а также в качестве управляющего элемента в автоматических системах.

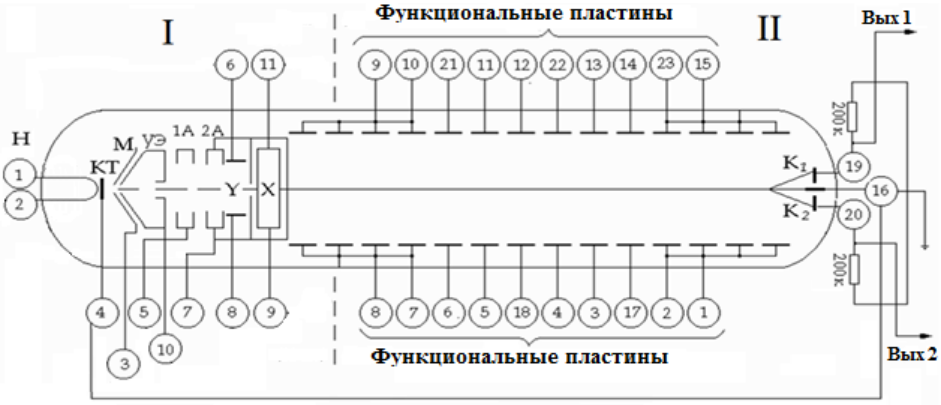


Рис. 1. Общая схема политрона. Две группы пластин: I – пластины питания (обозначения: 1 и 2 – нить накала; 3 – электрод-модулятор; 4 – электрод катода; 5 – первый анод; 6 и 8 – корректирующие пластины плоскости Y; 7 – второй анод; 9 и 11 – развертывающие платины плоскости X; 10 – ускоряющий электрод); II – пластины модуляции (обозначения: от 1 до 23 (кроме 16, 19 и 20 пластин) – функциональные пластины; 16 – противодинатронный электрод; 19 и 20 – коллекторные пластины плоскости Z)

На основе схемы подключения политрона [2] была разработана схема взаимодействия компонентов лабораторного стенда (рис. 2) и были определены

значения напряжений, которые необходимо подавать для корректной работы политрона. Было разработано и подобрано оборудование, которое должно обеспечивать требуемые параметры работы по напряжению и току [3].

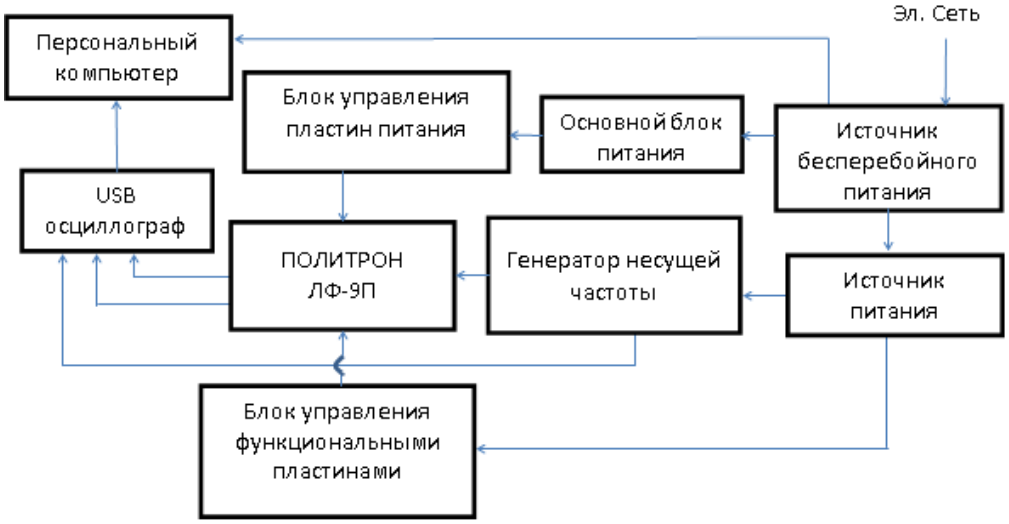


Рис. 2. Схема взаимодействия компонентов лабораторного стенда

В состав лабораторного стенда входят следующие блоки: блок генерации (генератор несущей частоты), блок регистрации (USB-осциллографы и персональный компьютер), блок питания (основной блок питания и источник питания функциональных пластин) и блок настройки (блок управления пластинами питания и блок управления функциональными пластинами).

Для корректной работы политрона необходимо подавать синусоидальный сигнал с размахом от 0 до 40 В с частотой в 40 КГц на пластины 9 и 11 (относительно общей точки), для чего был разработан блок генератора несущей частоты. Сигнал несущей частоты попадает на мишень, состоящую из двух коллекторных пластин, подключенных к каналам осциллографа. Сигналы, зарегистрированные осциллографом, отображаются в программной среде на компьютере и при необходимости математически обрабатываются [4].

Для блока управления пластинами питания был разработан основной блок питания со следующими выходными значениями напряжений:

1. +350 В – постоянный ток;
2. –350 В – постоянный ток;
3. общая точка;
4. 6,3 В – переменный ток.

Также был разработан блок управления пластинами питания, который позволяет регулировать напряжения постоянного тока на пластинах в следующих диапазонах:

5. –300 В÷–100 В постоянного тока (относительно общей точки) на пластине 4 политрона;
6. 0 В÷–30 В (относительно напряжения на пластине 4) на пластине 3 политрона;
7. 0 В÷+45 В (относительно напряжения на пластине 4) на пластине 5 политрона;
8. –10 В÷+10 В (относительно общей точки) на пластине 8 политрона;
9. +100 В÷+350 В (относительно общей точки) на пластине 10 политрона.

Для блока управления функциональных пластин был разработан источник питания, удовлетворяющий следующим выходным значениям напряжений ±12 В с наличием общей точки.

Кроме того, был разработан блок управления функциональными пластинами, который позволяет регулировать напряжения постоянного тока на функциональных пластинах в диапазоне ±12 В.

Для обеспечения безопасности и стабильной работы блок питания компьютера, основной блок питания и источник питания функциональных пластин подключаются к сети через источник бесперебойного питания.

В ходе сборки и настройки лабораторного стенда была разработана и апробирована методика настройки политрона, позволяющая корректно регулировать параметры работы политрона без вывода его на критичный режим. По итогам испытания был сделан вывод о том, что лабораторный стенд можно использовать для демонстрации взаимодействий сложных сигналов.

Разработанный лабораторный стенд планируется использовать при проведении лабораторных работ по курсу «Физические основы получения информации».

Литература

1. Ставицкий А.И., Ставицкий В.И. Устройство для регистрации векторных свойств электрического поля объекта (А.с. № 73531, 27.06.1980) // БИ. – 1980. – № 39.
2. Иващенко М.И., Реут А.Н. Разработка нелинейной политронно-фильтрующей системы // Сб. докладов научной школы «Проблемы механики и точности в приборостроении». – 2012. – С. 46–55.
3. Иващенко М.И., Павлов А.Э., Реут А.Н. Разработка и реализация учебного стенда для регистрации и обработки электрических аналоговых сигналов // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых. Вып 2. – 2014. – С. 392–393.
4. Касаткин А.С., Немцов М.В. Курс электротехники. – 8-е изд., стереотипное. – М.: Высшая школа, 2005. – 542 с.

Калинина Наталья Андреевна
Год рождения: 1991
Естественнонаучный факультет, кафедра высшей математики, группа № 6743
Направление подготовки: 010400 – Прикладная математика и информатика
e-mail: kalinina.natalia.a@gmail.com

УДК 533.9.01

ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОБ ОХЛАЖДАЕМОМ ЗОНДЕ В СЛАБОИОНИЗОВАННОЙ ПЛАЗМЕ

Н.А. Калинина
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент А.В. Норин

В работе была рассмотрена задача о построении математической модели для получения вольт-амперных характеристик (ВАХ) электрического охлаждаемого зонда, помещенного в плазму.

Зондовый метод давно является одним из основных методов при диагностике локальных параметров плазмы, а поэтому теоретическому расчету ВАХ для различных видов зондов посвящено большое количество работ [2, 5–8]. Было отмечено, что термостатические электрические зонды имеют свойство сильно перегреваться и достаточно быстро ломаются. Вследствие этого, представляет интерес исследование

задачи об охлаждаемом зонде, помещенном в плазму, т.е. зонде, температура которого ниже, чем температура плазмы [3, 6]. Такие зонды нашли широкое применение в магнитодинамических течениях и соплах ракетных двигателей.

Теоретическое описание зонда, помещенного в плазму, осложняется тем, что его поверхность является граничной по отношению к плазме, и уравнения, описывающие поведение плазмы, вблизи поверхности зонда меняются, так как происходит возмущение плазмы зондом, которое и приводит к изменению функции распределения частиц вокруг зонда. Поглощение электронов и нейтрализация ионов с большой вероятностью свидетельствуют о разрывном характере функции распределения заряженных частиц на поверхности зонда. Однако в режиме сплошной среды функции распределения должны быть близки к максвеловским. Чтобы преодолеть трудность постановки граничных условий и более точно описать поведение плазмы вблизи поверхности зонда был использован «послойный метод» – зона, занимаемая плазмой, была разделена на две области с различным описанием: тонкий призондовый слой, толщиной порядка длины пробега заряженных частиц и диффузная зона [1, 3].

Стоит учитывать, что вид ВАХ сильно зависит от основных параметров рассматриваемой задачи – радиуса дебаевского экранирования r_d, средней длины свободного пробега частиц l, размера зонда a и степени ионизации плазмы. Основная **цель работы** заключалась в построении математической модели для описания поведения плазмы вблизи и на удалении от поверхности малого ($r_d \gg a$) сферического охлаждаемого зонда, помещенного в слабоионизованную ($\nu_e << \delta\nu_a$) плазму в сплошной среде ($l << a$), а также получение ВАХ при использовании полученной модели. В вышезаданных обозначениях считается, что ν_e – частота межэлектронных столкновений; ν_a – частота столкновений между электронами и атомами; δ – доля энергии, которую электрон передает атому при упругом столкновении.

Для описания плазмы в диффузной зоне была введена система уравнений:

$$\begin{aligned}
&\Delta\varphi = 4\pi e\left(N_e - N_i\right),\\
&\Gamma_e = -D_e\left(\nabla N_e - \frac{eN_e}{kT_e}\nabla\varphi + k_{T_e}\frac{N_e}{T_e}\nabla T_e\right),\\
&\Gamma_i = -D_i\left(\nabla N_i + \frac{eN_i}{kT_i}\nabla\varphi + k_{T_i}\frac{N_i}{T_i}\nabla T_i\right),\\
&\nabla\cdot\Gamma_e = 0 \quad \nabla\cdot\Gamma_i = 0,\\
&q = \kappa\nabla T_i \quad \nabla\cdot q = 0,
\end{aligned} \tag{1}$$

где Γ_e, Γ_i – плотности электронного и ионного токов; N_e, N_i – концентрации электронов и ионов; φ – потенциал; q – плотность потока тепла; D_e, D_i – коэффициенты диффузии; k_{T_e}, k_{T_i} – термодиффузионные коэффициенты; κ – коэффициент теплопроводности ионов и нейтральных частиц.

В слабоионизованной плазме можно не учитывать отток нейтральных частиц от зонда, а поэтому перепад нейтральных частиц не дает существенного вклада в уравнения переноса тепла и почти не сказывается на коэффициентах диффузии заряженных частиц. Температуры ионов и нейтралов можно считать равными вследствие равенства их масс. А вот температура электронов будет отлична от температуры тяжелых частиц. Исходя из этого, были рассмотрены два случая температурных соотношений:

1. между компонентами плазмы установлено температурное равновесие в каждой точке;
2. температура электронов в системе постоянна, но на бесконечности отличается от температуры тяжелых частиц: $T_e = T_{e\infty} \neq T_{i\infty}$.

Зависимость коэффициентов переноса от температуры можно задавать теоретически, выбирая модель взаимодействия заряженных частиц с нейтральными и нейтральных частиц между собой. Были рассмотрены две модели: твердых сфер и максвелловских молекул.

Для модели твердых сфер: $D_e \sim T_e^{1/2} T_i$, $D_i \sim T_i^{3/2}$, $\kappa \sim T_i^{1/2}$.

Для модели максвелловских молекул: $D_e \sim T_e T_i$, $D_i \sim T_i^2$, $\kappa \sim T_i^2$.

В работе не учитываются термодиффузионные члены, неоднородность температуры учитывается только в коэффициентах переноса.

Граничные условия для рассматриваемой системы заданы на границе диффузной зоны и призондового слоя и на бесконечности: $\varphi(1) = \varphi_{\text{гр}}$, $T_i(1) = T_0$, $T_i(\infty) = T_{i\infty}$, $\varphi(\infty) = 0$, $N_{e,i}(\infty) = N_\infty$. Данная система граничных условий не является полной – не хватает условия для концентрации частиц на границе зон. Обычно при описании плазмы в сплошной среде с помощью гидродинамического приближения значение концентраций заряженных частиц вблизи поверхности зонда считают равными нулю [2, 6], что не всегда является полностью корректным. В данной работе для получения условия для концентраций частиц вблизи зонда был введен призондовый слой.

После перевода системы уравнений (1) в сферическую систему координат с центром в начале координат с учетом сферической симметрии, записи ее в безразмерных переменных

$$\xi = \frac{r}{a},\ t_\alpha = \frac{T_\alpha}{T_{\alpha\infty}},\ d_\alpha = \frac{D_\alpha}{D_\infty},\ \varphi = \frac{e\varphi}{kT_{e\infty}},\ \beta = \frac{T_{e\infty}}{T_{i\infty}},\ n_\alpha = \frac{N_\alpha}{N_\infty},\ \rho = \frac{r_d}{a},\ t_{0\alpha} = \frac{T_{0\alpha}}{T_{\alpha\infty}}$$

и интегрирования уравнений для плотностей электронного и ионного токов была получена следующая система уравнений:

$$\begin{aligned}
&\rho^2 \frac{1}{\xi^2}\frac{d}{d\xi}\left(\xi^2 \frac{d\varphi}{d\xi}\right) = n_e - n_i,\\
&\gamma_e = \xi^2 d_e \left(\frac{dn_e}{d\xi} - \frac{n_e}{t_e}\frac{d\varphi}{d\xi}\right),\\
&\gamma_i = \xi^2 d_i \left(\frac{dn_i}{d\xi} - \frac{n_i}{t_i}\frac{d\varphi}{d\xi}\right),\\
&\frac{d}{d\xi}\left(\xi^2 t_i^{\nu}\frac{dt_i}{d\xi}\right) = 0.
\end{aligned} \qquad (2)$$

Здесь $\gamma_\alpha = \dfrac{I_\alpha}{4\pi a \mathrm{D}_{\alpha\infty N_\infty}}$ – безразмерный ток на зонде; I_α – полный ток соответствующих заряженных частиц, параметр $\rho = \dfrac{r_d}{a} \gg 1$ в условиях данной задачи, поэтому уравнение Пуассона может быть решено в нулевом приближении по параметру $1/\rho$, $\nu = 1/2$ для модели твердых сфер, $\nu = 3/2$ для модели максвелловских молекул. Решая последнее уравнение в системе (2) можно получить зависимость между пространственной координатой и температурой, с помощью которой можно выяснить зависимость безразмерных токов и потенциала от температуры. Полученные уравнения

для модели твердых сфер представлены в табл. 1, а для модели максвелловских молекул в табл. 2.

Таблица 1. Уравнения диффузной зоны для модели твердых сфер с учетом малости параметра $1/\rho$

В случае 1	В случае 2
$\frac{d^2\varphi}{dt^2}-\frac{1}{2t}\frac{d\varphi}{dt}=0,$ $\frac{3}{2}\frac{\gamma_e}{1-t_o^{3/2}}=t\left(\frac{dn_e}{dt}-\frac{n_e}{t}\frac{d\varphi}{dt}\right),$ $\frac{3}{2}\frac{\gamma_i}{1-t_o^{3/2}}=t\left(\frac{dn_i}{dt}+\frac{n_i}{t}\frac{d\varphi}{dt}\right),$	$\frac{d^2\varphi}{dt^2}-\frac{1}{2t}\frac{d\varphi}{dt}=0,$ $\frac{3}{2}\frac{\gamma_e}{1-t_o^{3/2}}=t^{1/2}\left(\frac{dn_e}{dt}-n_e\frac{d\varphi}{dt}\right),$ $\frac{3}{2}\frac{\gamma_i}{1-t_o^{3/2}}=t\left(\frac{dn_i}{dt}+\beta\frac{n_i}{t}\frac{d\varphi}{dt}\right).$

Таблица 2. Уравнения диффузной зоны для модели максвелловских молекул с учетом малости параметра $1/\rho$

В случае 1	В случае 2
$\frac{d^2\varphi}{dt^2}-\frac{1}{2t}\frac{d\varphi}{dt}=0,$ $2\frac{\gamma_e}{1-t_o^2}=t\left(\frac{dn_e}{dt}-\frac{n_e}{t}\frac{d\varphi}{dt}\right),$ $2\frac{\gamma_i}{1-t_o^2}=t\left(\frac{dn_i}{dt}+\frac{n_i}{t}\frac{d\varphi}{dt}\right),$	$\frac{d^2\varphi}{dt^2}-\frac{1}{2t}\frac{d\varphi}{dt}=0,$ $2\frac{\gamma_e}{1-t_o^2}=\frac{dn_e}{dt}-n_e\frac{d\varphi}{dt},$ $2\frac{\gamma_i}{1-t_o^2}=t\left(\frac{dn_i}{dt}+\beta\frac{n_i}{t}\frac{d\varphi}{dt}\right).$

Решая уравнения, записанные в табл. 1 и 2, нетрудно получить зависимости потенциала и концентраций заряженных частиц от температуры. Например, для модели твердых сфер (случай 1) эти зависимости записываются следующим образом (аналогично и для модели максвелловских молекул (случай 2)):

$$\varphi(t)=\frac{\varphi_{\text{гр}}\left(1-t^{3/2}\right)}{\left(1-t_0^{3/2}\right)}.$$

Случай 1.

$$n_e(t)=\exp\left[\frac{3\varphi_{\text{гр}}\left(1-\sqrt{t}\right)}{1-t_0^{3/2}}\right]-3\frac{\gamma_e}{1-t_0^{3/2}}\exp\left[\frac{-\varphi_{\text{гр}}\sqrt{t}}{1-t_0^{3/2}}\right]\int_t^1\frac{\exp 3\varphi_{\text{гр}}\sqrt{t}/\left(1-t_0^{3/2}\right)}{t}dt,$$

$$n_i(t)=\exp\left[-3\frac{\varphi_{\text{гр}}\left(1-\sqrt{t}\right)}{1-t_0^{3/2}}\right]-3\frac{\gamma_i}{1-t_0^{3/2}}\exp\left[\frac{\varphi_{\text{гр}}\sqrt{t}}{1-t_0^{3/2}}\right]\int_t^1\frac{\exp\left[-3\varphi_{\text{гр}}\sqrt{t}/\left(1-t_0^{3/2}\right)\right]}{t}dt. \quad (3)$$

Случай 2.

$$n_e(t)=\exp\left[\frac{3\varphi_{\text{гр}}\left(1-t^{3/2}\right)}{1-t_0^{3/2}}\right]-\frac{3}{2}\frac{\gamma_e}{1-t_0^{3/2}}\exp\left[\frac{-\varphi_{\text{гр}}t^{3/2}}{1-t_0^{3/2}}\right]\int_t^1\frac{\exp\left[\varphi_{\text{гр}}t^{3/2}/\left(1-t_0^{3/2}\right)\right]}{\sqrt{t}}dt, \quad (4)$$

$$n_i(t)=\exp\left[-3\beta\frac{\varphi_{\text{гр}}\left(1-\sqrt{t}\right)}{1-t_0^{3/2}}\right]-\frac{3}{2}\frac{\gamma_i}{1-t_0^{3/2}}\exp\left[\beta\frac{\varphi_{\text{гр}}\sqrt{t}}{1-t_0^{3/2}}\right]\int_t^1\frac{\exp\left[-3\beta\varphi_{\text{гр}}\sqrt{t}/\left(1-t_0^{3/2}\right)\right]}{t}dt.$$

Теперь, когда получены зависимости концентраций и потенциала от температуры в диффузной зоне, можно перейти к описанию поведения плазмы в призондовом слое. Так как его ширина очень мала (порядка длины свободного пробега частиц), мы можем считать плазму в этой области бесстолкновительной и описывать ее уравнением Власова.

$v\frac{\partial f_\alpha}{\partial x}-\frac{q_\alpha}{m_\alpha}\frac{\partial \varphi}{\partial r}\frac{\partial f_\alpha}{\partial v}=0$, $(\alpha=e,i)$, где q_α – заряд соответствующей заряженной частицы.

Тонкий пограничный слой можно с некоторой точностью считать плоским вне зависимости от геометрии тела. Это утверждение корректно в силу малости параметра $\varepsilon=\frac{\lambda}{a}\ll 1$, определяющего отношение ширины призондового слоя λ к размеру зонда a.

В качестве граничных условий для рассматриваемого уравнения были взяты условия на зонде и на границе призондового слоя и диффузной зоны. Утверждается, что на поверхности зонда частицы поглощаются, а вот на границе зон условие точно не известно. Известно лишь, что при переходе из призондового слоя в диффузную зону функция распределения достаточно быстро становится максвелловской. Чтобы удовлетворить заданным условиям, функции распределения частиц в бесстолкновительной зоне, являющиеся решениями уравнения Власова, были смоделированы обрезанным максвелловским распределением [4]. Для определенности будем считать, что на зонде задан положительный потенциал $\varphi_0\geq 0$.

$$f_e=\begin{cases}K_e\left(\frac{m_e}{2\pi kT_{e0}}\right)^{3/2}\cdot\exp\left[-\frac{m_e v^2}{kT_{e0}}+\frac{e\varphi}{kT_{e0}}\right], v_z\leq-\sqrt{\frac{2e\left(\varphi-\varphi_{\text{гр}}\right)}{m_e}}\\ 0\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad, v_z>-\sqrt{\frac{2e\left(\varphi-\varphi_{\text{гр}}\right)}{m_e}}\end{cases},$$

$$f_i=\begin{cases}K_i\left(\frac{m_i}{2\pi kT_{i0}}\right)^{3/2}\cdot\exp\left[-\frac{m_i v^2}{kT_{i0}}+\frac{e\varphi}{kT_{i0}}\right], v_z\leq\sqrt{\frac{2e\left(\varphi_0-\varphi\right)}{m_i}}\\ 0\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad, v_z>\sqrt{\frac{2e\left(\varphi_0-\varphi\right)}{m_i}}\end{cases}.$$

Здесь K_i, K_e – неизвестные константы.

Итак, получены распределения заряженных частиц в призондовом слое. Теперь, для того, чтобы решить поставленную задачу – найти зависимость безразмерного ионного и электронного токов от потенциала на зонде и построить ВАХ, необходимо провести «сшивку» по макропараметрам плазмы в диффузной зоне и призондовом слое. В данном случае условия для «сшивки» выглядят следующим образом: $t=t_0$, $\varphi=\varphi_{\text{гр}}$, $\xi=1$, $n_{e,i}\big|_{\text{гр.д.з.}}=n_{e,i}\big|_{\text{гр.пр.сл.}}$, $\left.\frac{d\varphi}{d\xi}\right|_{\text{гр. д.з.}}=\left.\frac{d\varphi}{d\xi}\right|_{\text{гр. пр.сл.}}$. Непосредственно для того, чтобы найти зависимость токов от потенциала была использована «сшивка» по концентрациям. Концентрации в диффузной зоне уже получены, осталось найти концентрации в призондовом слое, что было сделано с помощью интегрирования функции распределения, нахождения ее первого момента и выражения неизвестных констант K_i, K_e через ионный и электронный безразмерные токи. Получившиеся в итоге значения концентраций записываются следующим образом:

– для случая 1 температурного равновесия в плазме:

$$n_e = \frac{2D_{e\infty}\gamma_e}{ac_{e0}}\exp\left[\frac{(\varphi-\varphi_{\text{гр}})}{t_0}\right]\left(1-erf\sqrt{\frac{(\varphi-\varphi_{\text{гр}})}{t_0}}\right), \quad (5)$$

$$n_i = \frac{2D_{i\infty}\gamma_i}{ac_{i0}}\exp\left[\frac{(\varphi_0-\varphi)}{t_0}\right]\left(1+erf\sqrt{\frac{(\varphi_0-\varphi)}{t_0}}\right);$$

– для случая 2 $T_e = T_{e\infty} \neq T_{i\infty}$

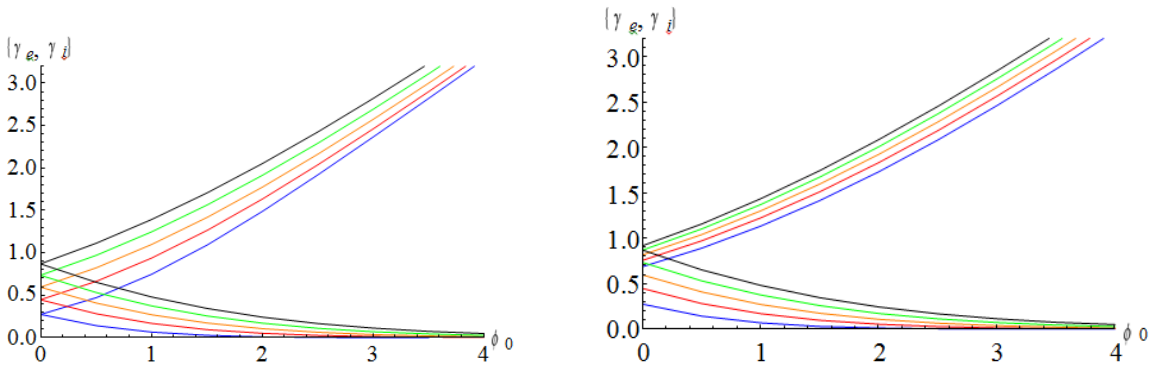
$$n_e = \frac{2D_{e\infty}\gamma_e}{ac_{e0}}\exp\left[(\varphi-\varphi_{\text{гр}})\right]\left(1-erf\sqrt{(\varphi-\varphi_{\text{гр}})}\right), \quad (6)$$

$$n_i = \frac{2D_{i\infty}\gamma_i}{ac_{i0}}\exp\left[\frac{\beta(\varphi_0-\varphi)}{t_0}\right]\left(1+erf\sqrt{\frac{\beta(\varphi_0-\varphi)}{t_0}}\right).$$

После проведенной «сшивки» по концентрациям – приравнивания формулы (3)=(5) и (4)=(6) при условии, что $t = t_0$, $\varphi = \varphi_{\text{гр}}$ – была получена зависимость безразмерных ионного и электронного токов от потенциала на поверхности зонда φ_0 и потенциала на границе зон $\varphi_{\text{гр}}$. Однако необходимо найти зависимость тока только от потенциала на зонде. Для того чтобы это сделать, была получена зависимость $\varphi_{\text{гр}}(\varphi_0)$ с помощью решения уравнения Пуассона в призондовом слое $\frac{d^2\varphi}{d\xi_1^2} = \frac{\lambda}{r_d^2}\left(n_e(\varphi) - n_i(\varphi)\right)$ с учетом малости параметра $\lambda^2/(r_d^2)$ и граничного условия $\left.\frac{d\varphi}{d\xi}\right|_{\text{гр. д.з.}} = \left.\frac{d\varphi}{d\xi}\right|_{\text{гр. пр.сл.}}$.

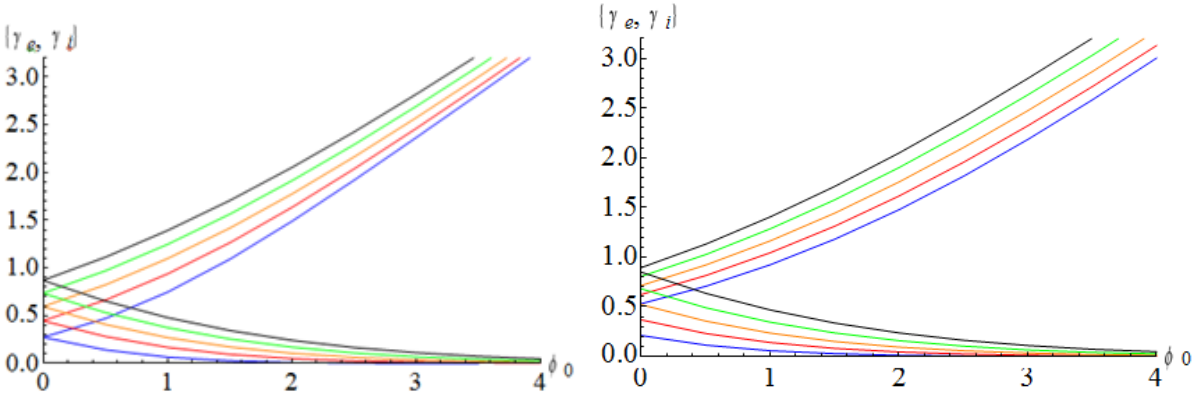
Полученное решение уравнения Пуассона $\varphi_{\text{гр}} = \frac{\varphi_0}{1+\lambda/a}$ показывает, что падение потенциала в призондовом слое очень мало и зависит от параметра, равного отношению ширины призондового слоя к размеру зонда, который, в свою очередь, является малым в условии рассматриваемой задачи. Маленькое падение потенциала оправдано и в силу соотношения между длиной свободного пробега и радиусом дебаевского экранирования в данной задаче: $l < r_d$. Также из решения уравнения Пуассона в призондовом слое нетрудно увидеть, что падение потенциала в слое происходит монотонно. Условие монотонности потенциала является существенным для моделирования функций распределения в призондовом слое с помощью обрезанного максвелловского распределения.

Полученные зависимости безразмерных электронного и ионного токов от потенциала на зонде, полученные при условиях $Kn = l/a = 0{,}1$, $\lambda/a = 0{,}1$, $t_0 = 0{,}1; 0{,}3; 0{,}5; 0{,}7; 0{,}9$, представлены на рис. 1, 2. Стоит отметить, что чем ближе температура зонда к температуре плазмы, в которую его опустили, тем больше начальные значения безразмерных токов.



а б

Рис. 1. Зависимости безразмерных ионного и электронного токов от потенциала на зонде. Модель твердых сфер. Случай 1 (а) и 2 (б)



а б

Рис. 2. Зависимости безразмерных ионного и электронного токов от потенциала на зонде. Модель максвелловских молекул. Случай 1 (а) и 2 (б)

По полученным зависимостям безразмерных электронного и ионного токов от потенциала на зонде можно строить ВАХ. Для этого необходимо знать значения токов не только для положительных потенциалов на зонде, но и для отрицательных, а также – вернуться от безразмерных к размерным физическим величинам. Пример ВАХ, полученной с использованием построенной математической модели, при заданных параметрах a=1,59 мм, l=1,59 мм, $r_d = 1{,}59 \cdot 10^{-4}$ м, $k = 1{,}38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{К}}$, $T_e = T_i = 5000$ К, $N_e = 8{,}8 \cdot 10^{19}$ м$^{-3}$, $N_e = 6 \cdot 10^{20}$ м$^{-3}$, $m_e = 9{,}11 \cdot 10^{-31}$ кг, $m_i = 1{,}7 \cdot 10^{-27}$ кг, $e = -1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл, представлен на рис. 3.

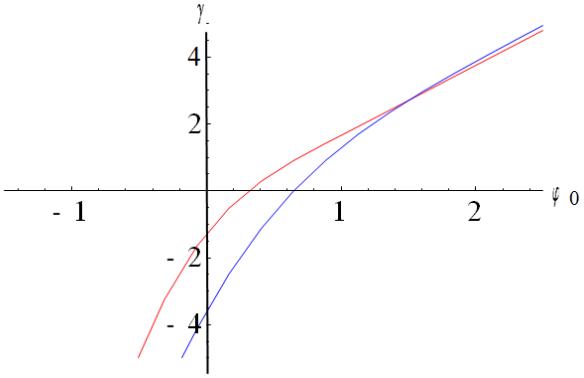


Рис. 3. Зависимость полного тока от потенциала на зонде при температуре на зонде $T_0 = 300$ К – красная линия, $T_0 = 3000$ К – синяя линия. Зависимость получена с использованием модели «твердых сфер»

Итак, в работе была построена математическая модель, описывающая поведение плазмы около малого охлаждаемого сферического зонда. Были построены зависимости безразмерных электронного и ионного токов от потенциала на зонде и температуры зонда. Было отмечено, что при стремлении температуры зонда к температуре плазмы решение задачи сходится к полученному ранее решению для термостатического случая [1]. Зависимость токов была построена для двух моделей взаимодействия частиц, показано, что выбор модели сказывается на полученных результатах для токов. По построенным зависимостям были построены ВАХ, вид которых зависит от температуры зонда, что отмечает актуальность задачи об охлаждаемом зонде, помещенном в плазму. Основной особенностью этой работы является применение послойного метода при описании поведения плазмы вокруг малого сферического зонда, что позволяет поставить более корректные граничные условия для концентрации заряженных частиц вблизи поверхности охлаждаемого зонда.

Литература

1. Калинина Н.А. Задача о малом сферическом зонде в слабоионизованной плазме с тонким бесстолкновительным слоем // Труды студенческого центра прикладных математических исследований. – 2012. – Т. 2. – С. 52–59.
2. Чан П., Тэлбот Л., Турян К. Электрические зонды в неподвижной и движущейся плазме (теория и применение). Монография / Пер. с англ. под ред. С.Л. Вишневецкого. – М.: Мир, 1978. – 203 с.
3. Норин А.В. Охлаждаемый электростатический сферический зонд с тонким бесстолкновительным слоем // Физика плазмы. – 1983. – Т. 9. – Вып. 2. – С. 300–307.
4. Чекмарев И.Б. Критерий Ленгмюра-Бома и граничное условие для электрического поля в плазме // ЖТФ. – 1972. – Т. 42. – С. 259–261.
5. Кудрявцева И.А. Применение метода Монте-Карло для решения задачи зондовой диагностики двухкомпонентной плазмы сферическим зондом в переходном режиме // Электронный журнал «Труды МАИ». – 2008. – Вып. 33 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=7417, своб.
6. Егорова З.М., Кашеваров А.В. Охлаждаемый цилиндрический зонд Ленгмюра в медленно движущейся плазме // ПМТФ. – 1994. – Т. 35. – № 4. – С. 3–12.
7. Pattacchini L., Hutchinson I.H. Continuum-plasma solution surrounding non-emitting spherical bodies // Physics of Plasmas. – 2009. – Т. 6. – № 16 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.psfc.mit.edu/library1/catalog/reports/2000/09ja/09ja011/09ja011_full.pdf, своб.
8. Fortov V.E., Khrapak A.G., Khrapak S.A., Molotkov V.I., Petrov O.F. Dusty plasmas // Physics-Uspekhi. – 2004. – V. 47. – № 5. – P. 447–492.

Кочегарова Татьяна Сергеевна
Год рождения: 1989
Институт холода и биотехнологий, факультет экономики и экологического менеджмента, кафедра экономики промышленности и организации производства, группа № и6554
Направление подготовки: 080200 – Менеджмент
e-mail: kochegarova.ts@mail.ru

УДК 504.06+338.1

УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Т.С. Кочегарова
Научный руководитель – к.э.н., доцент Р.В. Приходько

В работе рассмотрены тенденции развития отечественных металлургических предприятий вследствие предстоящего перехода природоохранного нормирования с учетом принципов наилучших доступных технологий (НДТ). **Цель работы** заключалась в изучении теоретических основ управления экологическими рисками на предприятиях черной металлургии с учетом НДТ.

Управление экологическими рисками приобретает все большее значение в социально-экономической системе общества. Данная проблематика в различных аспектах затрагивалась в исследованиях зарубежных и отечественных авторов: М.И. Дзлиева, И.К. Дибобеса, А.И. Субетто, И.В. Филюшкина, К.Б. Фридмана, У. Хэлленбека, А.Ф. Цыба, С.Н. Алейника, В.Н. Башкина, А.А. Быкова, В.Ф. Демина, В.Ф. Журавлева, Л.Н. Карлина, В.А. Легасова, А.А. Музалевского, Б.Н. Порфирьева, Н.Н. Потрубача, Е.В. Рюминой, В.Е. Телентинова, С. Харченко, Я.В. Шевелева, И.К. Яжлева и др.

Под экологическим риском чаще всего понимают ущерб, наносимый окружающей среде, т.е. опасность возникновения ситуаций с неблагоприятными последствиями для природной среды, которые вызваны отрицательным воздействием какой-либо деятельности. Основным экономическим инструментом в регулировании природоохранной деятельности промышленных предприятий на сегодняшний день считаются штрафы и платежи за загрязнение окружающей среды и природопользование. Такая система регулирования не является эффективной, современные размеры платежей и штрафов за негативное воздействие на окружающую среду не способны покрыть наносимый ущерб. Анализ существующих методов управления экологическими рисками в России выявил необходимость поиска более современных и инновационных подходов.

В Европейском Союзе (ЕС) основным принципом природоохранного законодательства является постоянное снижение воздействия на окружающую среду, для максимального обеспечения конкурентоспособности отечественной продукции на мировом рынке российским компаниям необходимо адаптироваться к новым условиям. В 2008 г. Правительством Российской Федерации (РФ) было принято решение об изменении нормативно-правовой базы для осуществления перехода на комплексные экологические разрешения и нормирование негативного воздействия на окружающую среду на основе внедрения наилучших доступных технологий.

В настоящее время в ЕС разработано и принято 33 справочных документа по НДТ, которые относятся к различным отраслям промышленности. Некоторые справочники переведены на русский язык и в России уже введены в действие

стандарты серии ГОСТ Р 54XXX. Ресурсосбережение. Первый из них – ГОСТ Р 54097-2010 «Ресурсосбережение. НДТ. Методология идентификации», остальные 12 стандартов НДТ тем или иным образом относятся к области производства энергии, предотвращению выбросов и повышению энергоэффективности.

В условиях предстоящего перехода на НДТ предприятия будут вынуждены внедрять наилучшие доступные технологии или же платить огромные штрафы за загрязнение окружающей среды. Соответственно, появляется опасность экологического риска для предприятий, который может стать угрозой нарушения его экономической деятельности и возможность финансовых потерь, учитывая большую степень износа оборудования и основных фондов на многих промышленных предприятиях в настоящее время. По данным Федеральной государственной статистики степень износа основных фондов РФ на 2012 г. составляет 47%.

Концепция НДТ заключается в соответствии принципу комплексного предупреждения и контроля загрязнения, учитывает возможные затраты и выгоды, получаемые в результате реализации соответствующих мер, а также направлена на обеспечение комплексной защиты окружающей среды с тем, чтобы не допустить создания новой и более серьезной экологической проблемы в ходе разрешения другой.

Наибольшее воздействие на окружающую среду различными видами загрязнения среди обрабатывающих производств оказывают предприятия металлургической отрасли. Металлургическая промышленность является одной из базовых отраслей российской экономики, которая в значительной степени определяет жизнеспособность экономики в целом, а также является второй по величине бюджетообразующей. Основное значение отрасли в современной экономике в том, что она является главным поставщиком материалов для машиностроения и строительства. Также металлургия имеет определенное значение в разделении труда России. В связи с этим кризис в металлургической промышленности несет в себе угрозу для экономики страны в целом.

Необходимость анализа состояния и перспектив внедрения НДТ на отечественных предприятиях, оказывающих значительное загрязнение окружающей среды, а также оценка воздействия изменений природоохранного законодательства на экономическую устойчивость хозяйствующих субъектов обуславливает актуальность данной работы.

В качестве информационной базы работы были использованы: Конституция РФ, законы и подзаконные акты РФ, монографическая, периодическая и научная литература российских и зарубежных авторов, справочные документы по НДТ ЕС, а также законодательные и нормативные документы Министерства природных ресурсов и экологии РФ, Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, официальные материалы Государственного комитета РФ по статистике и др.

В работе проводился анализ факторов, влияющих на устойчивость предприятия, изучался принцип НДТ как способ воздействия на экологические риски, а также применимость и приемлемость механизмов внедрения наилучших доступных технологий, которые действительны в ЕС, для российских предприятий. Проводился расчет эффективности внедрения одной из наиболее значимых технологий снижения воздействия на атмосферный воздух и оценка экологического риска на одном из крупнейших отечественных металлургических предприятий ОАО «Северсталь» как количественной величины ущерба, наносимого окружающей среде. Рассчитана плата за выбросы неорганизованной пыли в атмосферный воздух от конвертеров в сталеплавильном производстве. Также оценен размер этих платежей в случае повышения тарифов на загрязнение окружающей среды. В результате был сделан вывод о необходимости перехода предприятий – крупных загрязнителей на наилучшие доступные технологии.

Практическая значимость работы заключается в исследовании применения наилучших доступных технологий на одном из крупнейших металлургических предприятий России ОАО «Северсталь» с определением эффективности внедрения по различным показателям (экономическому и экологическому). Работа позволяет определить возможности отечественных предприятий адаптироваться к изменению природоохранного законодательства и к управлению экологическими рисками на основе внедрения наилучших доступных технологий.

В ходе исследования были сделаны следующие выводы:

- механизмы внедрения наилучших доступных технологий могут быть применены для российских предприятий, однако требуют учета специфических особенностей каждого из них;
- необходима разработка четкой системы наложения штрафов и платежей и соответствующей нормативно-правовой базы;
- для осуществления перехода предприятий на НДТ требуется поддержка государства.

Результаты работы могут быть использованы:

- для принятия обоснованных решений менеджерами крупных промышленных предприятий в выборе способов управления экологическими рисками;
- для количественного определения экономической эффективности внедрения наилучших доступных технологий;
- для формулирования государственной стратегии в переходе природоохранного нормирования на принципы НДТ и поддержке предприятий, стремящихся к снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Миняев Андрей Анатольевич
Год рождения: 1985
Институт комплексного военного образования,
кафедра специального приборостроения защиты информации,
группа № 6753
Направление подготовки: 090900 – Информационная безопасность
e-mail: minyaev.a@gmail.com

УДК 001.8

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ ОПЕРАТОРА СВЯЗИ

А.А. Миняев
Научный руководитель – к.т.н., доцент М.Ю. Будько

Информационная безопасность в последнее время становится все более значимой и важной сферой национальной безопасности Российской Федерации (РФ), что отражено в Доктрине информационной безопасности РФ от 9 сентября 2000 г. № Пр-1895 [2]. Успешное ведение государственных дел, военных действий, торговли, банковской и других видов деятельности во многом зависит от уровня защищенности информационных систем, поэтому обеспечение безопасности информации, обрабатываемой и хранящейся в этих системах, является необходимой мерой.

На сегодняшний день существуют множество методов и средств для «обхода» систем защиты информационных систем. Их количество и многообразие растет из года

в год, что является причиной для тревоги. Изменить ситуацию можно путем разработки новых подходов к обеспечению безопасности информационных систем, способных обеспечить надежную защиту от современных угроз.

Целью работы являлось повышение эффективности системы защиты персональных данных оператора связи.

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

- изучены бизнес-процессы оператора связи;
- проведено обследование информационной системы персональных данных (ИСПДн) оператора связи;
- проведен анализ результатов обследования ИСПДн;
- проведен анализ требований по защите информации, предъявляемых к ИСПДн;
- определены угрозы безопасности ИСПДн оператора связи;
- разработана система защиты ИСПДн оператора связи;
- проведена оценка эффективности принятых мер по защите информации.

В ходе исследования информационных систем оператора связи были выявлены их особенности. Как правило, операторы связи располагают системами, характеризующимися большим количеством субъектов персональных данных, персональные данные которых обрабатываются в информационной системе. Кроме того, такие информационные системы зачастую являются технологической основой производственной деятельности компании – оператора связи. Среди характерных примеров ИСПДн оператора связи можно назвать такие системы поддержки бизнес и операционной деятельности (OSS/BSS), как биллинг (учет оказываемых услуг, тарификация, платежи и т.п.), системы управления взаимодействия с клиентами (CRM), системы активации услуг, а также системы информационно-справочного обслуживания. Это сказывается на предъявлении дополнительных требований к системе защиты персональных данных (СЗПДн), которая, с одной стороны, должна соответствовать уровню угроз и масштабу ИСПДн, с другой стороны – не должна снижать производительность ключевых информационных систем оператора связи.

Специфика организации обработки персональных данных в телекоммуникационной отрасли заключается также в том, что в соответствии с Федеральным законом от 27.07.2006 г. № 152-ФЗ «О персональных данных» [1] не требуется согласие субъекта персональных данных (ПДн) на обработку его персональных данных, если обработка ПДн необходима для осуществления операторами связи расчетов с пользователями услуг связи за оказанные услуги связи, а также для рассмотрения претензий пользователей услугами связи. Этот фактор позволяет оптимизировать некоторые организационные процессы защиты персональных данных и упростить взаиморасчеты между операторами связи.

Следует отметить, что в большинстве случаев состав угроз информационной безопасности и взгляды руководства оператора связи требуют создания более широкого поля сервисов безопасности, нежели это предусмотрено руководящими и методическими документами уполномоченных федеральных органов исполнительной власти. В таких случаях осуществляется разработка СЗПДн в составе более масштабной комплексной системы обеспечения информационной безопасности (СОИБ), реализующей дополнительные требования по обеспечению защиты информации, в том числе по противодействию мошенничеству на сетях связи. Объединение в одном проекте СЗПДн и комплексной СОИБ позволяет более рационально осуществлять инвестиции в информационную безопасность.

В случае не выполнения требований законодательства имеются высокие риски, связанные с возможными претензиями, административной и уголовной ответственностью для руководства оператора связи, штрафами и санкциями

контролирующих органов, вплоть до приостановления или прекращения работы ИСПДн в надзорном или судебном порядке, что для оператора связи означает полную или частичную остановку деятельности. В ходе работы были выделены риски нарушения безопасности ПДн [6]:

– иски со стороны субъектов ПДн (клиентов и работников) на возмещение морального и материального ущерба при нарушении безопасности ПДн;
– затраты на восстановление работы после инцидентов безопасности с ПДн;
– ущерб имиджу, снижение доверия клиентов и партнеров.

В качестве объекта для создания СЗПДн была выбрана компания – оператор связи ООО «ЮНИС».

Целью создания СЗПДн ООО «ЮНИС» являлось исключение или существенное затруднение возможности несанкционированного получения, искажения, удаления злоумышленниками или случайными лицами защищаемой информации, обрабатываемой в защищаемых информационных системах, либо осуществления разрушающего воздействия на защищаемые данные и носители информации.

Созданная СЗПДн обеспечивает предотвращение и (или) снижение возможного ущерба от деструктивных информационных воздействий на персональные данные ООО «ЮНИС», в том числе:

– предупреждение о появлении угроз информационной безопасности;
– обнаружение, локализацию и нейтрализацию воздействия угроз информационной безопасности;
– управление доступом к защищаемой информации;
– восстановление системы защиты информации после воздействия угроз;
– регистрацию событий и попыток несанкционированного доступа к защищаемой информации и несанкционированного воздействия на систему;
– контроль функционирования средств, систем информации и немедленное реагирование на их выход из строя.

Защита персональных данных обеспечивается на всех этапах ее обработки и во всех режимах функционирования ИСПДн ООО «ЮНИС».

Структурная схема комплекса технических средств ИСПДН ООО «ЮНИС» представлена на рисунке.

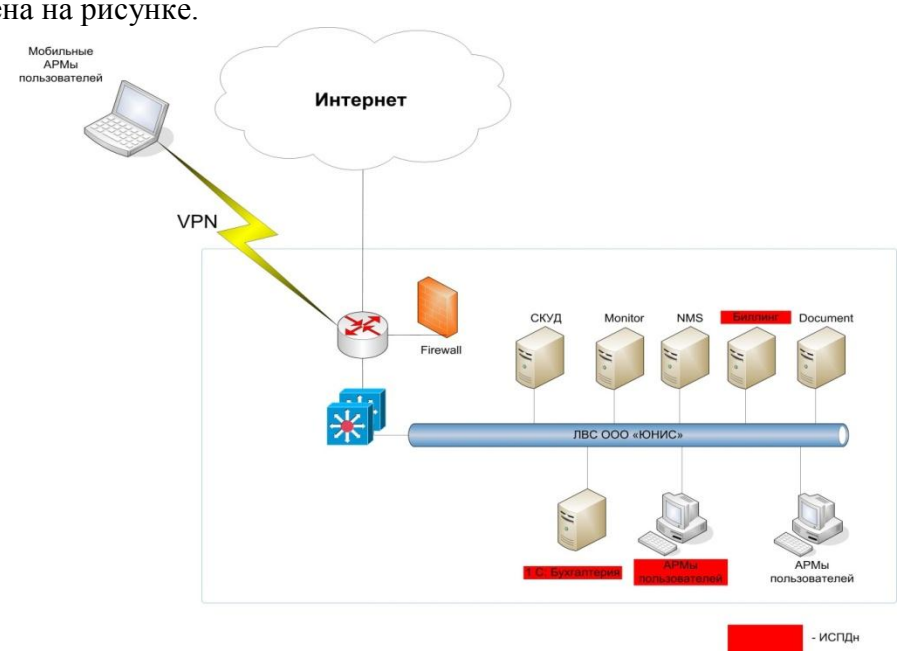


Рисунок. Структурная схема комплекса технических средств ИСПДн ООО «ЮНИС»

В соответствии с нормативными и методическими документами ФСБ России, ФСТЭК России и Минкомсвязи России были разработаны модели угроз и нарушителя безопасности персональных данных, обрабатываемых в ИСПДн ООО «ЮНИС».

СЗПДн ООО «ЮНИС» была дана оценка эффективности. При оценке эффективности СЗПДн возникли ряд трудностей, связанных с проблемами формализации предметной области. Это обусловлено разнообразием информационных технологий, программных средств, используемых при создании СЗПДн. В связи с этим в работе для оценки СЗПДн были применены экспертные оценки качественных характеристик [5].

В результате выполнения данной работы были получены следующие результаты:

- проведен анализ СЗПДн, требований и рекомендаций по защите персональных данных;
- проведено исследование особенностей информационных систем операторов связи;
- на основе нормативных и методических документов разработаны модели нарушителя и угроз безопасности персональным данным ООО «ЮНИС»;
- разработана СЗПДн ООО «ЮНИС»;
- на основе экспертных оценок проведена оценка эффективности разработанной СЗПДн, в результате которой были сделаны выводы о том, что было достигнуто повышение эффективности СЗПДн ООО «ЮНИС».

Литература

1. Федеральный закон Российской Федерации от 27.07.2006 №152-ФЗ «О персональных данных».
2. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации, утверждена президентом Российской Федерации 9 сентября 2000 г. № Пр-1895.
3. «Концепция защиты персональных данных в информационных системах персональных данных оператора связи» от 28 апреля 2010 г. Минкомсвязь России.
4. Миняев А.А., Будько М.Ю. Проблемы аттестационных испытаний информационных систем по требованиям безопасности информации // Сб. трудов «4 Всероссийской научно-технической конференции «Проблема комплексного обеспечения информационной безопасности и совершенствование образовательных технологий подготовки специалистов силовых структур». – СПб: НИУ ИТМО. – 2000. – С. 44–47.
5. Миняев А.А., Будько М.Ю. Разработка системы защиты персональных данных оператора связи // Сб. трудов конгресс молодых ученых. – СПб: Университет ИТМО. – 2014. – С. 310–311.
6. Гвоздик Я.М. Модель и методика оценки систем защиты информации автоматизированных систем. – Автореф. на соиск. канд. диссерт. – СПб, 2011. – 21 с.
7. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pro-id.ru/docs/2009/Kostrov.pdf, своб.

Смирнов Максим Андреевич
Год рождения: 1988
Институт комплексного военного образования, кафедра инновационных технологий защиты информации, группа № 6754
Направление подготовки: 090900 – Информационная безопасность
e-mail: maxim-s@km.ru

УДК 001.8

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТУПНОСТИ ИНФОРМАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИРТУАЛИЗАЦИИ НА VMWARE

М.А. Смирнов
Научный руководитель – В.Г. Прожерин

В работе проанализированы современные системы виртуализации. Представлено описание этой области в рамках коммерческого предприятия, недостатки и достоинства системы виртуализации. Также был поднят вопрос о защите информации на предприятии в сфере коммерческой тайны, требования бизнеса к данным, их сохранности, безопасности, и расширяемости информационной инфраструктуры. Сравнительная таблица была использована, как наглядный пример, наиболее удовлетворяющего своими возможностями средства виртуализации на платформе VMware vSphere. Была проведена работа по демонстрации установки гипервизора ESXi, планированию внедрения виртуализации на предприятии.

Основной **целью работы** являлся этап внедрения виртуализации на предприятии.

Этапу внедрения предшествует еще несколько этапов, на этапе анализа и проектирования системы выявляется экономическая целесообразность переноса физических хостов в виртуальную инфраструктуру.

Анализ и проектирование. Итоги любого виртуализационного проекта оцениваются исходя из того, удалось ли добиться экономии средств. Для этого необходим анализ совокупной стоимости владения и окупаемости инвестиций в виртуализацию. ИТ-менеджеры должны подсчитать затраты на приобретение и установку хост-серверов, а также выяснить экономию за счет снижения энергопотребления, затрат на кондиционирование и управление физическими серверами. Кроме того, они должны принять во внимание стоимость покупки новых лицензий на программное обеспечение (ПО) для виртуализации приложений. Важно найти не просто наиболее дешевое виртуализационное решение, а то, у которого наилучший потенциал в области защиты инвестиций компании в виртуализацию.

Кроме того, виртуализация позволяет снизить затраты по следующим направлениям:

- площади (арендуемые или находящиеся в собственности) для размещения физических серверов;
- электроэнергия для питания физических серверов;
- кондиционирование серверного зала;
- оборудование (физические серверы);
- сетевые устройства, включая сетевые интерфейсные платы и коммутаторы;
- аппаратные компоненты, такие как жесткие диски, на случай предполагаемого отказа;
- приобретение лицензий на ПО и операционные системы;

– ежегодные контракты на поддержку приобретенных аппаратных и программных компонент.

Этап внедрения виртуализации начался с установки бесплатного решения от VMware ESXi, гипервизор, доступный для бесплатного использования. Гипервизор ESXi продемонстрировал основные достоинства виртуализации наглядно, на момент внедрения платного решения VSphere на платформе ESXi работало пять виртуальных серверов.

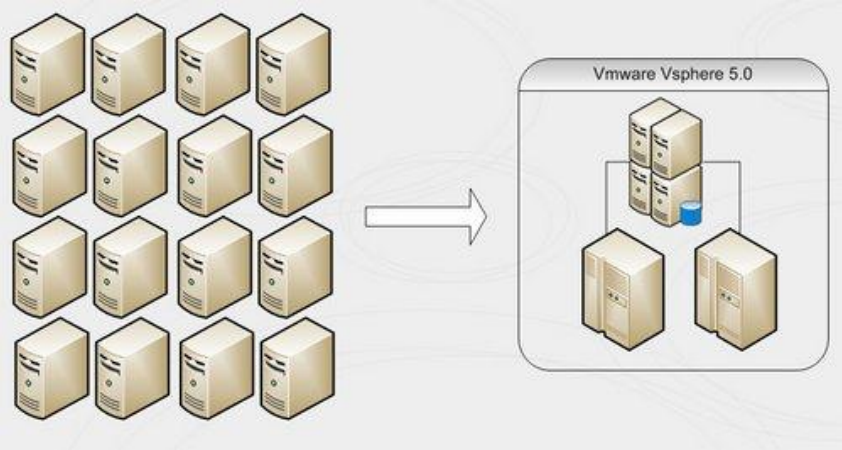


Рисунок. Схематическое изображение размещения физических серверов на виртуальной платформе

На платформе от VMware vSphere (рисунок) можно построить два вида кластеров: HA (High-availability) кластер и DRS (Distributed Resource Scheduler) кластер, которые работают на уровне виртуальной машины.

Реализация HA-кластера у VMware такова: несколько физических хостов объединяются в кластер и при выходе из строя одного из хостов, виртуальные машины, которые были на нем, запускаются на других хостах кластера, на которых зарезервированы ресурсы. При этом время простоя виртуальной машины равняется времени загрузки ее операционной системы.

Как видим, кластером высокой доступности VMware HA сложно назвать, так как при отказе оборудования мы все равно получаем небольшое время простоя. Для избежания этого простоя, совместно с VMware HA обычно используют кластеризацию самого приложения (например, MS Exchange-кластер, или MS SQL-кластер).

Чтобы сократить время простоя сервиса (виртуальной машины) до нуля (или времени, очень близкому к нулю), можно также использовать технологию VMware Fault Tolerance. Особенность ее заключается в том, что при работе виртуальной машины на одном физическом хосте, ее «призрак» (синхронная реплика) работает на другом хосте кластера и при выходе из строя основного хоста (и соответственно виртуальной машины) происходит мгновенное переключение ввода–вывода и активизация призрака.

VMware vSphere® Storage DRS™ осуществляет постоянную балансировку нагрузки ввода–вывода и использования пространства хранилищ, чтобы исключить нехватку ресурсов и обеспечить необходимые уровни обслуживания приложений. VMware DRS – достаточно простая служба, которая выбирает на каком физическом хосте запустить виртуальную машину, или на какой хост смигрировать работающую виртуальную машину, с целью выровнять нагрузку на всех хостах кластера.

DRS объединяет ресурсы кластера в один большой пул и в полуавтоматическом или полностью автоматизированном режиме распределяет виртуальные машины равномерно по физическим хостам кластера.

DRS имеет немного настроек и может либо выдвигать рекомендации по запуску, или перемещению виртуальных машин на серверах кластера, либо автоматически мигрировать виртуальные машины с помощью технологии vMotion в зависимости от текущей нагрузки.

Стоит упомянуть о том, что VMware DRS, как, в принципе, и HA, это не всегда полезно и удобно. У данных технологий есть свои нюансы, которые стоит учитывать при разработке проекта.

Литература

1. Василенко А. VMware: Российский рынок ИТ нуждается в «евангелизации» // CNews. Аналитика. – 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cnews.ru/reviews/?2012/05/28/490852, своб.
2. Тырин А. Виртуализация и эффективность // Директор информационной службы. – 2009. – № 6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.osp.ru/cio/2009/06/9127368/, своб.
3. VMware, Inc. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.vmware.com, своб.
4. Коновал Д. Комплексный подход к организации системы защиты информации на предприятии: основные вопросы и технологии // Газовая промышленность. – 2009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.epam-group.ru/aboutus/news-and-events/articles/2009/aboutus-ar-gaz-prom-09-01-2009.html, своб.
5. Самойленко А. Отличия VMware ESXi 4 free (бесплатного), ESXi 4 и ESX 4 в составе VMware vSphere. – 2009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.vmgu.ru/articles/vmware-esx-esxi-vsphere-differences, своб.
6. Нойферт А. Сотни виртуальных машин: рекомендации по защите данных. – 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.veeam.com/ru/wp-neufert-hundreds-of-vms-sophisticated-answers-ru.html, своб.
7. Bourne V. Защита данных. Ежегодный отчет, 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.veeam.com/ru/wp-annual-virtualization-data-protection-report-2013-ru.html, своб.
8. Web-трансляция: Cisco VXI и VMware. Повышение безопасности данных и управление использованием настольных систем с помощью Cisco VXI и VMware [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cisco.com/web/RU/solutions/datacenter/desktop_virtualization_vmware.html, закр.
9. Hardware and firmware requirements for 64-bit guest operating systems (1003945) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.irc-unix.net/newsnew-11723.html, закр.
10. Гатченко Н.А., Исаев А.С., Яковлев А.Д. Криптографическая защита информации. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 142 с.

Сорокин Дмитрий Сергеевич
Год рождения: 1988
Естественнонаучный факультет, кафедра интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере, группа № 6709
Направление подготовки: 230400 – Информационные системы и технологии
e-mail: Dementiy@yandex.ru

УДК 004.424.6

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАГИАТА В ИСХОДНЫХ КОДАХ РАБОТ СТУДЕНТОВ

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

Одной из насущных проблем образовательных учреждений является студенческий плагиат, хотя сами студенты не всегда осознают, что они занимаются плагиатом [1]. Наиболее распространенным видом студенческого плагиата можно назвать текстовый плагиат, к которому относятся плагиат рефератов, курсовых и дипломных работ. В связи с широким распространением информационных технологий и, как следствие, учебных дисциплин, связанных с написанием программного кода, появился новый тип текстового плагиата – плагиат в программном коде (source code plagiarism). Так, например, 73 из 239 студентов Массачусетского технологического института, проходивших курс «CE 1.00: Introduction to Computers and Problem Solving», были подвержены дисциплинарному наказанию за использование чужих фрагментов кода в своих работах [2]. В статье Марсдена [3], описываются результаты исследования, в котором из 954 студентов 4 университетов Австралии 81% студентов был вовлечен в ту или иную форму плагиата.

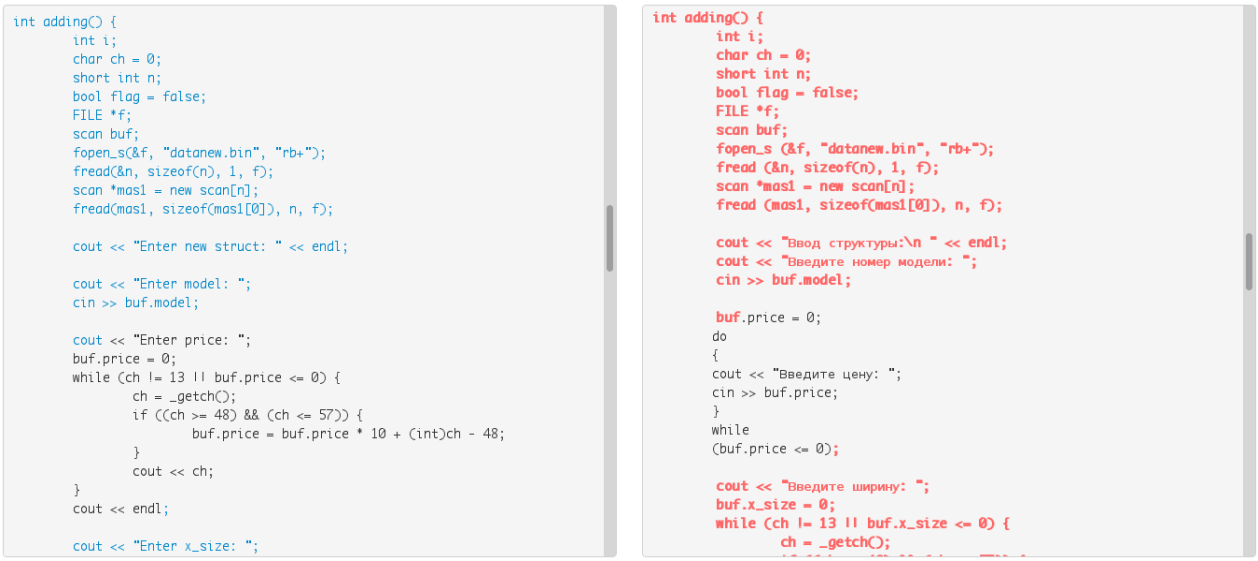
Целью работы являлась разработка методики определения плагиата в исходных кодах работ студентов. При этом важной задачей является определение понятия плагиата в программном коде, так как при проверке работ может возникнуть вопрос «Являются ли сравниваемые работы просто похожими или мы действительно имеем дело с плагиатом?».

Плагиат в программном коде следует рассматривать как «воспроизведение или копирование исходного кода без внесения изменений или с внесением, но незначительных изменений» [4]. При этом подразумевается, что существует источник (автор) сравниваемых работ, которого необходимо найти, что является уже академической задачей, т.е. задачей преподавателя, в противном случае работы следует считать похожими, даже, если они являются полностью идентичными (т.е. совпадают на 100%).

Не менее важной задачей при поиске плагиата в программном коде является определение тех изменений, которые студенты вносят в программный код. Можно выделить три типа наиболее часто вносимых изменений (дублирующих фрагментов кода, code clone types) [5]:

1. переформатирование кода, изменение содержимого комментариев и строковых литералов;
2. изменение имен идентификаторов переменных и функций, а также внесение изменений в типы переменных;
3. добавление, удаление или изменение небольших фрагментов кода.

В качестве примера на рис. 1 показаны найденные совпадения, соответствующие первому типу изменений, в работе двух студентов, выполнявших задание в рамках дисциплины «Объектно-ориентированное программирование на C++».



```
int adding() {
        int i;
        char ch = 0;
        short int n;
        bool flag = false;
        FILE *f;
        scan buf;
        fopen_s(&f, "datanew.bin", "rb+");
        fread(&n, sizeof(n), 1, f);
        scan *mas1 = new scan[n];
        fread(mas1, sizeof(mas1[0]), n, f);

        cout << "Enter new struct: " << endl;

        cout << "Enter model: ";
        cin >> buf.model;

        cout << "Enter price: ";
        buf.price = 0;
        while (ch != 13 || buf.price <= 0) {
                ch = _getch();
                if ((ch >= 48) && (ch <= 57)) {
                        buf.price = buf.price * 10 + (int)ch - 48;
                }
                cout << ch;
        }
        cout << endl;

        cout << "Enter x_size: ";
```

```
int adding() {
        int i;
        char ch = 0;
        short int n;
        bool flag = false;
        FILE *f;
        scan buf;
        fopen_s (&f, "datanew.bin", "rb+");
        fread (&n, sizeof(n), 1, f);
        scan *mas1 = new scan[n];
        fread (mas1, sizeof(mas1[0]), n, f);

        cout << "Ввод структуры:\n " << endl;
        cout << "Введите номер модели: ";
        cin >> buf.model;

        buf.price = 0;
        do
        {
        cout << "Введите цену: ";
        cin >> buf.price;
        }
        while
        (buf.price <= 0);

        cout << "Введите ширину: ";
        buf.x_size = 0;
        while (ch != 13 || buf.x_size <= 0) {
                ch = _getch();
```

Рис. 1. Пример найденных совпадений

Процедура поиска похожих фрагментов кода, относящихся к одному из перечисленных изменений, требует «формализации» содержимого каждого файла с исходным кодом. В работе был выбран метод токенизации, суть которого заключается в том, что каждый файл с исходным кодом представляется в виде последовательности токенов, которыми могут быть: ключевые слова языка программирования, операторы, идентификаторы и т.д.

На рис. 2 представлен пример последовательности токенов, полученной для функции вычисления факториала числа *n*.

```
int factorial(int k) {                          T I D T I D D
        if (k == 1)                                     F D I O N D
  return 1;                                     F N D
return k * factorial(k – 1);            F I O I D I O N D D
}
```

Рис. 2. Пример токенизации фрагмента кода

В дальнейшем по каждой последовательности токенов формируется множество *N*-грамм – последовательность, состоящая из *N* элементов, полученная методом плавающего окна. Делается это с той целью, чтобы заранее отсеять малоинтересные работы и не производить лишних сравнений. Для этого рассчитывается коэффициент Жаккара, который позволяет оценить степень сходства двух работ:

$$J(A,B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}, \quad (1)$$

где A и B – это множества *N*-грамм, полученные для сравниваемых работ.

Если значение коэффициента Жаккара для сравниваемой пары работ не превысило заранее заданного порогового значения (threshold), то сравниваемые работы следует считать малоинтересными. Выбор значения порога остается за пользователем, но эмпирическим путем было установлено, что коэффициент Жаккара не должен быть меньше 60–70% при использовании 4-грамм, так как в противном случае будет высокий процент ложных включений работ для дальнейшего рассмотрения.

Возвращаясь к методу токенизации, следует заметить, что в исследованиях, посвященных сравнению файлов с исходным кодом, обычно отмечается, что метод токенизации пригоден для сравнения файлов с наличием изменений 1-го и 2-го типа. Действительно, если обратить внимание на детектор плагиата, используемый Стэнфордским университетом [6], то можно заметить, что при внесении незначительных изменений в один из сравниваемых файлов (например, при добавлении небольших фрагментов кода), детектор перестает его распознавать как «похожий» (при условии, что до внесения изменений сравниваемые работы рассматривались как плагиат).

Чтобы избежать указанной проблемы, в работе был предложен подход, который позволяет снизить чувствительность метода токенизации к вставке и удалению небольших фрагментов кода. Для этого вводится понятие дистанции между совпадающими фрагментами кода – максимальное количество токенов, которое необходимо вставить (удалить или изменить) для того, чтобы два фрагмента кода совпали. Дистанция между фрагментами кода рассчитывается по следующей формуле:

$$D = \max\left(\left|last\left(A_{S_1}\right) - first\left(B_{S_1}\right)\right| - 1, \left|last\left(A_{S_2}\right) - first\left(B_{S_2}\right)\right| - 1\right), \quad (2)$$

где S_1 и S_2 сравниваемые работы; A_{S_1} и B_{S_1} фрагменты кода в работе S_1, между которыми возможно произошла вставка; $last()$ и $first()$ функции, которые возвращают последнюю или первую позицию токена в указанном фрагменте кода.

Если дистанция между двумя фрагментами кода не превышает некоторого заранее указанного порога $D_{\max}$, выбираемого пользователем, то соответствующие фрагменты кода объединяются. Таким образом, процесс итеративно продолжается пока не останется фрагментов для объединения. При этом следует заметить, что дистанция рассчитывается для двух работ и затем выбирается максимальное значение. Делается это с целью уменьшения вероятности обнаружения ложных совпадений.

Еще одной задачей, которая решалась в работе, является интерпретируемость полученных результатов сравнения. Обычно детекторы плагиата указывают лишь процент совпадения двух работ, но, как было отмечено ранее, в таком случае мы не можем делать предположений о наличии плагиата, а лишь судить о похожести двух работ.

Для решения этой задачи было предложено использовать коэффициент Баруа–Маханты [7] (3) и дополнительные данные по вовлеченности каждого студента в процесс выполнения задания.

$$P(A,B) = 1 - \frac{|A \backslash B|}{|A|}, \quad (3)$$

$$P(B,A) = 1 - \frac{|B \backslash A|}{|B|}. \quad (4)$$

Коэффициент Баруа–Маханты можно интерпретировать следующим образом: «Насколько работа *A* состоит из работы *B*?». При этом очевидно, что если изменить порядок сравнения работ (4), то можно получить другое значение коэффициента. Так, например, работа *A* может состоять на 70% из работы *B*, в то время как работа *B* может состоять на 90% из работы *A*. Таким образом, можно делать предположения касательно автора работы.

На рис. 3 представлены результаты сравнения работ студентов второго курса, проходивших практику по «Анализу данных с использованием языка программирования R». Из рисунка можно заметить, что, например, работа «part1.r» состоит на 80% из работы «2712_Silinskaya.r», в то время как работа «2712_Silinskaya.r» состоит на 98% из работы «part1.r», которая, как можно предположить, и подверглась заимствованию.

Исходная работа	Подозреваемая работа	Коэффициент Жаккара	Коэффициент Баруа-Маханты	Коэффициент Охаи
osipov_2711_var_10.r	sh.r	98.0%	100.0%/98.0%	98.0%
V9_2712_part1.R	V5_2712_part1.R	97.0%	100.0%/97.0%	97.0%
2711_Баймурадов.r	2711_Самойленко_.R	87.0%	90.0%/96.0%	86.0%
part1.r	2712_Silinskaya.r	79.0%	80.0%/98.0%	78.0%
myscript.R	2711_Баймурадов.r	77.0%	86.0%/88.0%	76.0%
2711_Ozolinsh.r	2711_Самойленко_.R	77.0%	81.0%/95.0%	76.0%
V9_2712_part1.R	Tifanyuk_V12_2712.R	72.0%	73.0%/97.0%	71.0%
myscript.R	2711_Самойленко_.R	71.0%	80.0%/87.0%	70.0%
2711_Ozolinsh.r	2711_Баймурадов.r	70.0%	78.0%/86.0%	68.0%
Tifanyuk_V12_2712.R	V5_2712_part1.R	69.0%	97.0%/71.0%	69.0%

Рис. 3. Пример результатов сравнения работ

Кроме того, по результатам сравнения работ, можно заметить, что некоторых студентов можно объединить в «кластеры»:

– «2711_Баймурадов.r», «2711_Самойленко_.R», «2711_Ozolinsh.r», «myscript.R»;
– «Tifanyuk_V12_2712.R», «V5_2712_part1.R», «V9_2712_part1.R».

Каждый «кластер» означает, что студенты, находящиеся в нем, либо совместно выполняли работу, либо один из студентов предоставил свою работу остальным.

Дополнительная информация о вовлеченности студента в процесс выполнения работы может быть получена достаточно просто. Так, например, в ходе проведения экспериментов, студенты были зарегистрированы на веб-сервисе Piazza. Piazza позволяет организовать электронный класс, в котором ведется статистика по активности каждого студента: количество просмотренных тем, количество ответов и вопросов, количество дней, проведенных на форуме, и т.п. Таким образом, становится возможным построить график (ящик с усами) распределения активности студентов в зависимости от того, были они заподозрены в плагиате или нет (рис. 4).

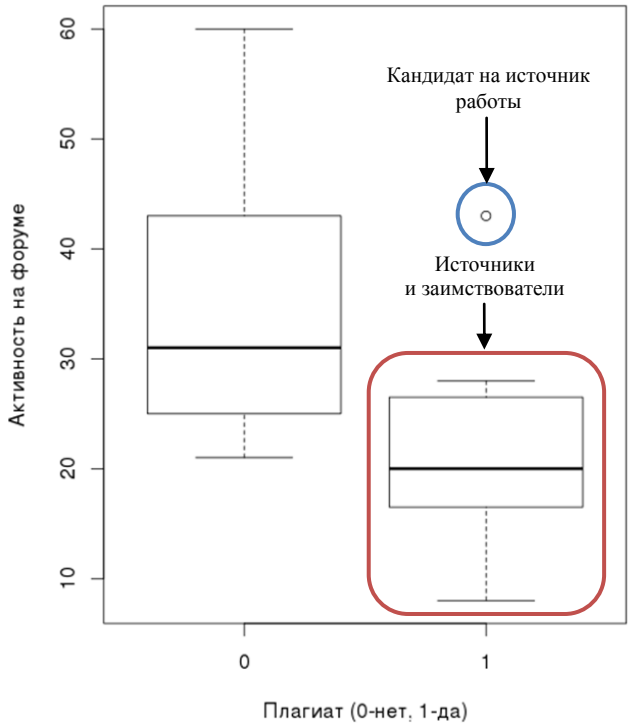


Рис. 4. Распределение активности студентов по схожести их работ

По приведенному графику можно заметить, что активность студентов, заподозренных в плагиате, явно ниже, чем у студентов, которые выполняли работы самостоятельно. При этом среди заподозренных студентов находятся как «заимствователи» работ, так и «источники» (авторы) работ. Окончательное предположение об авторстве делалось следующим образом: студенты, заподозренные в плагиате и активностью выше среднего, являются авторами работ, все остальные заимствователями (при этом имеет смысл опираться на результаты, полученные по коэффициенту Баруа–Маханты). Также следует заметить, что подтверждение выдвигаемого предположения можно получить лишь при личной беседе со студентами, но при этом мы уже имеем представление о том, кого спрашивать и какие вопросы задавать.

В работе также приведены результаты экспериментов с работами студентов, изучавших дисциплину «Объектно-ориентированное программирование на C++», и результаты работы детектора на коллекции тестов, собранной в рамках исследования обзора автоматических детекторов плагиата под руководством Ю. Лифшица [9].

В работе была представлена методика по определению плагиата в исходных кодах работ студентов, предложен подход по снижению чувствительности метода токенизации и способы интерпретации полученных результатов сравнения с помощью коэффициента Баруа–Маханты и статистики по вовлеченности студентов в процесс выполнения заданий.

Литература

1. Joy M.S., Sinclair J.E., Boyatt R.C., Yau J.Y-K., Cosma G. Student Perspectives on Plagiarism in Computing // In: 5th International Plagiarism Conference. – 2012.
2. Joy M.S., Sinclair J.E., Boyatt R.C., Yau J.Y-K., Cosma G. Student Perspectives on Source-code Plagiarism. International Journal for Educational Integrity. – 2013. – № 9(1). – P. 3–19.
3. Marsden H., Carroll M., Neill J. Who cheats at university? A self-report study of dishonest academic behaviours in a sample of Australian university students // Australian Journal of Psychology. – 2005. – V. 57(1). – P. 1–10.
4. Butterfield F. Scandal over cheating at MIT stirs debate on limits of teamwork // The New York Times. – 1991 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nytimes.com/1991/05/22/technology/scandal-over-cheating-at-mit-stirs-debate-on-limits-of-teamwork.html, своб.
5. Cosma G., Joy M. Towards a Definition of Source Code Plagiarism // IEEE Transactions on Education. – 2008. – V. 51(2). – P. 195–200.
6. Roy C.K., Cordy J.R. A survey on software clone detection research // Tech. Rep. – 2007. – № 2007-541 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.share-pdf.com/5398a80219014a50ad614e7cc3ec2ed5/clone%20detection%20survey.pdf, своб.
7. Домашняя страница детектора MOSS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://theory.stanford.edu/~aiken/moss/, своб.
8. Dhrubajyoti Baruah, Anjana Kakoti Mahanta. A new Similarity Measure with Length Factor for Plagiarism Detection // International Journal of Computer Applications. – 2013. – V. 72. – № 14. – P. 14–17.
9. Лифшиц Ю., Антипов Д., Ефтифеева О., Котов А., Красс А., Лакунин М., Лысенко Е., Семенников А., Счастливцев Р. Обзор автоматических детекторов плагиата в программах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://logic.pdmi.ras.ru/~yura/detector/, своб.

Чернакова Ольга Вячеславовна
Год рождения: 1991
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевых технологий, кафедра технологии молока и пищевой биотехнологии, группа № и6363
Направление подготовки: 260200 – Продукты питания животного происхождения
e-mail: ovd_spb@mail.ru

УДК 637.146.3+ 637.344.8+ 633.521

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЕСЕРТА НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ И ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ СЕМЯН ЛЬНА

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

Современные потребители уделяют все большее внимание не только качеству пищевых продуктов, но и их влиянию на состояние здоровья. Производитель, в свою очередь, заинтересован в экономичности и экологичности производства. Эти факты обуславливают актуальность использования побочного молочного сырья и компонентов семени льна, как обогащающего ингредиента, для расширения отраслевого ассортимента.

Принципиально новый методологический подход к оценке сырьевых ресурсов молочной промышленности позволил приступить к решению научной проблемы по разработке нового поколения технологических продуктов из молочной сыворотки, часть которой до настоящего времени не используется, что наносит не только экономический, но и экологический ущерб.

Побочное молочное сырье содержит комплекс биологически активных веществ, при минимальной калорийности и малом содержании перегрузочных веществ [4]. Одним из актуальных направлений повышения пищевой ценности продуктов, в частности, молочных изделий, является использование в технологиях и рецептурах добавок биологически ценного растительного сырья.

Семя льна издавна используется в народной медицине благодаря своим целебным свойствам и широкому спектру воздействия на самые разные зоны человеческого организма. Особая ценность льна состоит в том, что в нем содержатся полиненасыщенные жирные кислоты, которые не вырабатываются человеческим организмом, но необходимы ему; лигнаны – вещества, способные замедлить деление клеток некоторых злокачественных опухолей, улучшить функции выделительной системы, помогают предотвратить воспаление почек [2].

Семена льна и продукты их переработки отличаются по своим технологическим и функциональным свойствам от традиционного сырья молочного производств. В связи с этим актуальны научные и практические исследования по их внедрению в пищевые технологии. Использование льна позволит расширить сырьевую базу молочной отрасли, увеличить ассортимент изделий функционального назначения [3].

Цель работы – проведение исследования и разработка технологии продуктов на основе побочного молочного сырья с добавлением компонентов семян льна.

Проводилось маркетинговое исследование. Результаты анкетирования свидетельствуют о том, что только 2,3% опрошенных употребляют молочные продукты

реже одного раза в месяц, большинство – чаще трех раз в неделю. Анкетируемые предпочитают молоко, йогурт и кисломолочные напитки. Опрошенные положительно относятся к наличию в кисломолочных продуктах наполнителей, в том числе семян. Важнейшими свойствами для потребителей являются вкус и полезность продукта, которую определяют как содержание в нем полезных микроорганизмов, витаминов и минеральных веществ, так и отсутствие консервантов, красителей и ароматизаторов. В результате сравнения коэффициентов весомости показателей установлено, что для респондентов наибольшее значение имеют срок годности, вкус, полезность и натуральность продукта.

Первоначально решили использовать льняную муку в качестве обогащающего компонента. В процессе эксперимента заметили, что льняная мука практически не растворяется в воде, а образует плотный сгусток. На основании этого наблюдения решили разработать продукт, в котором льняная мука является не только обогащающим компонентом, но структурообразователем.

Благодаря содержанию пищевых волокон (лигнинов) в льняной муке, смесь льняной муки и сыворотки оказывает благоприятное воздействие на перистальтику кишечника. В результате расчетов установили, что энергетическая ценность смеси сыворотки и льняной муки низкая и составляет 32,45 Ккал на 100 г, а биологическая ценность достаточно высока, так как богата незаменимыми аминокислотами, что отображено в таблице. На основании чего можно сделать вывод о пользе продукта.

Таблица. Аминокислотный скор основы для продукта

Незаменимые аминокислоты	Предлагаемый уровень по шкале FAO/WHO, мг/1 г белка	Содержание в семенах льна, мг/1 г белка	Содержание в молочной сыворотке, мг/1 г белка	Содержание в основе для продукта, мг/1 г белка	Аминокислотный скор основы для продукта, %
Изолейцин	40,0	64,9	65,0	65,0	162,5
Лейцин	70,0	55,5	88,0	83,9	119,9
Лизин	55,0	45,6	80,0	75,7	137,6
Метионин+цистин	35,0	14,4	46,0	42,1	120,1
Фенилаланин+тирозин	60,0	87,1	60,0	63,4	105,6
Треонин	40,0	30,0	61,0	57,1	142,8
Триптофан	10,0	0,0	13,0	11,4	113,8
Валин	50,0	76,7	65,0	66,5	132,9

Смесь молочной сыворотки и льняной муки не может являться самостоятельным продуктом, так имеет неудовлетворительную органолептическую оценку (ощущается явный привкус муки), в связи с этим следующим этапом исследования был подбор вкусовых наполнителей.

В качестве вкусового наполнителя использовали сиропы со вкусами клубника и вишня, для избавления от излишней приторности и пресности вкуса добавляли лимонную кислоту для подкисления сыворотки.

Для проведения сравнительной оценки вкусовых характеристик были приготовлены образцы: в готовую основу для десерта, приготовленного на молочной

сыворотке кислотностью 55°Т и 140°Т (с лимонной кислотой), вносили по массе 12%, 15% и 17% сиропа.

Наибольшую оценку по органолептическим показателям получил продукт на подкисленной сыворотке с добавлением 15% вишневого сиропа.

Так как наибольшей популярностью среди потребителей по результатам опроса потенциальных потребителей пользуются кисломолочные напитки, то было принято решение расширить область исследований и разработать рецептуру и технологию кисломолочного напитка на основе обезжиренного молока и слизи семян льна с лечебно-профилактическими свойствами.

Результаты маркетингового исследования показали, что потребитель отдает предпочтение натуральным кисломолочным продуктам, которые полезны для здоровья, имеют приятный сладковатый вкус и однородную консистенцию, это стало основанием для разработки продукта с вышеназванными свойствами с использованием компонентов льняного семени.

Слизь из семян льна (Mucilago seminum Lini) возможно использовать в качестве обволакивающего средства, покрывая (обволакивая) слизистую оболочку, она предохраняет ее от раздражения. Обволакивающие средства назначают при воспалительных и язвенных заболеваниях слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта, при отравлениях кислотами, щелочами и едкими жидкостями.

Слизь получали путем смешивания горячей воды и семян льна, с последующим перемешиванием и процеживанием. Слизь с количеством сухих веществ 3–4%, полученная при смешении семян и воды в соотношении 1:50, оптимально подошла в качестве обогащающего компонента для кисломолочного напитка.

В качестве заквасочной микрофлоры был выбран термофильный стрептококк. К ценным свойствам термофильного стрептококка относится, во-первых, способность быстро повышать уровень кислотности молока до необходимого. Во-вторых, способность синтезировать и выделять в среду полисахариды, которые делают молочные продукты более плотными и замедляют их расслаивание. Имея хороший штамм термофильного стрептококка, можно обойтись без стабилизаторов и загустителей. А попадая в желудочно-кишечный тракт, термофильный стрептококк снижает количество болезнетворных микробов и нормализует микрофлору при дисбактериозе.

Внесение слизи льна понизило кислотность молока на начальном этапе сквашивания, так как показатель pH слизи выше, чем у молока. Через 3 ч после внесения закваски кислотность всех образцов стала примерно одинаковой, а к концу процесса сквашивания количество свободных ионов водорода в растительно-молочных смесях стало больше, чем в продукте на основе обезжиренного молока.

Это можно объяснить наличием в слизи дополнительного количества моно- и олигосахаридов, которые являются питательной средой для заквасочной микрофлоры. Данное исследование демонстрирует, что внесение льняной слизи незначительно влияет на интенсивность процесса нарастания кислотности.

Внесение наполнителя влияет на консистенцию продукта, делая ее более жидкой, чем в контрольном образце. С увеличением количество слизи в образцах увеличивалось количество сыворотки, выделившейся на поверхности продукта в процессе сквашивания, сыворотка после перемешивания равномерно распределялась по объему сгустка.

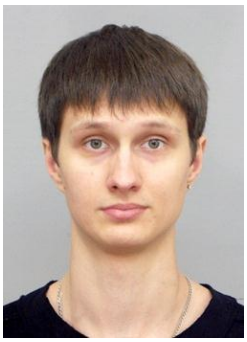
С уменьшением массовой доли наполнителя влагоудерживающая способность образцов понижалась.

В процессе хранения консистенция продукта становилась плотнее, отделялась сыворотка. Вкус и запах становились более кислым, на 6 день появилась горечь и посторонний неприятный запах, цвет оставался светло-кремовым на протяжении всего хранения.

Обобщая результаты работы, отметим следующее: полагаясь на результаты маркетинговых исследований разработали рецептуру и технологию лечебно-профилактических продуктов на основе вторичного молочного сырья и компонентов семян льна. Продукт из сыворотки и льняной муки отличается своей низкой калорийностью, при высокой биологической ценности. Способствует полноценному функционированию желудочно-кишечного тракта, избавлению организм от шлаков, паразитов и липидов. Кисломолочный продукт из обезжиренного молока и слизи семян льна при длительном систематическом приеме может привести к снижению активности воспаления в слизистой оболочке желудка. Может использоваться как в лечении обострения хронического гастрита, так и в профилактике развития рецидива заболевания, за счет содержания в нем слизи семян льна [1].

Литература

1. Валуй В.Т., Медведев М.Н., Юпатов Г.И., Немцов Л.М., Соболева Л.В., Драгун О.В., Дроздова М.С. Слизь семени льна как средство выбора лечения синдрома диспепсии у пациентов с хроническим гастритом и профилактики рецидива заболевания // Вестник фармации. – 2013. – № 2(60). – С. 68–72.
2. Зубцов В.А., Осипова Л.Л., Лебедев Т.И. Льняное семя, его состав и свойства // Российский химический журнал. – 2002. – Т. XLVI. – № 2. – С. 14–16.
3. Миневич И.Э. Разработка технологический решений переработки семян льна для создания функциональных пищевых продуктов. – Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М., 2009. – 27 с.
4. Храмцов А.Г., Василин С.В. Промышленная переработка вторичного молочного сырья. – М.: ДеЛи принт, 2003. – 100 с.



Шкенев Геннадий Сергеевич
Год рождения: 1990
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевой инженерии и автоматизации, кафедра автоматизации биотехнологических и теплофизических процессов, группа № и6251
Направление подготовки: 220700 – Автоматизация технологических процессов и производств
e-mail: gennady1990@yandex.ru

УДК 663.14.033

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА

Г.С. Шкенев
Научный руководитель – к.т.н., доцент С.Е. Алешичев

Выращивание дрожжей является одним из основных этапов в производстве хлебопекарных дрожжей – это сложный биохимический процесс. В ходе культивирования дрожжей необходимо управлять следующими параметрами: подача питательных компонентов, засев маточных дрожжей, поддержанию температуры, pH, уровень пены в дрожжерастительном аппарате, аэрация среды.

В дрожжевой промышленности в качестве пеногасителя используют олеиновую кислоту, которая влияет на уровень кислотности. Величина pH оказывает влияние на

метаболизм дрожжей, что отражается на выходе биомассы, скорости роста клеток и синтезе вторичных метаболитов. Значение pH оказывает влияние на природу конечного продукта сбраживания сахаров: при кислых значениях pH образуется этиловый спирт. Замена химического метода пеногашения на ультразвуковой, способствует тому, что уровень pH при культивировании дрожжей будет оставаться стабильным.

Основной **целью работы** стало исследование влияния ультразвука на пеногашение в производственном процессе выращивания хлебопекарных дрожжей, а также его влияния на процесс культивирования хлебопекарных дрожжей.

Объектом исследований является экспериментальная установка, созданная на основе ультразвукового генератора, использовалась измерительная аппаратура, приборы и инструменты в соответствии с задачами и этапами проведения эксперимента. Для решения поставленных задач было спланировано и проведено экспериментальное исследование.

Конструкция установки. На рис. 1 представлен внешний вид экспериментальной установки для исследования влияния ультразвука на пеногашение в процессе культивирования хлебопекарных дрожжей, которая включает: емкость с продуктом (смесь дрожжей и сахара), компрессор для аэрации среды и перемешивания смеси, терморегулятор для поддержания постоянной температуры, термопару для измерения температуры среды, ультразвуковой генератор для гашения образующейся пены, блок управления ультразвуковым генератором по месту и персональный компьютер для удаленного управления ультразвуковым генератором.

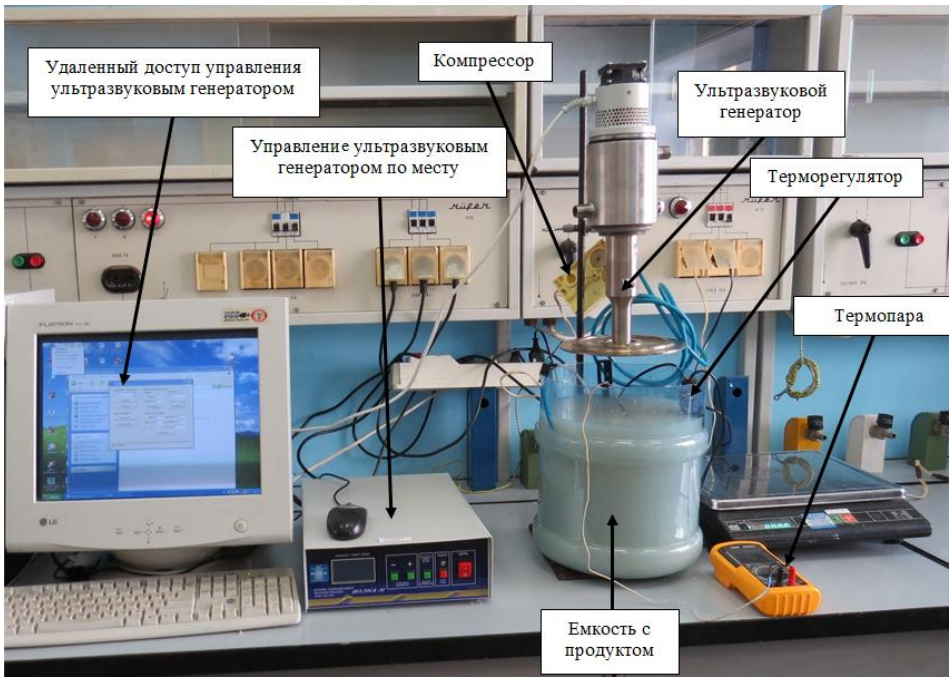


Рис. 1. Внешний вид экспериментальной установки для исследования влияния ультразвука на пеногашение в процессе культивирования хлебопекарных дрожжей

При подготовке экспериментальной установки учитывались применяемые методы планирования эксперимента, а также методика его проведения.

Проведение эксперимента. В емкость набрано 10 л воды при температуре 30°C и растворено 2 кг сахара. Получена простейшая питательная среда для культивирования хлебопекарных дрожжей. В полученную смесь добавлено 200 г прессованных хлебопекарных дрожжей.

Для поддержания постоянной температуры использован терморегулятор, с заданной температурой 29–30°С. Для аэрации среды использовано два компрессора. Контроль температуры выполнен с помощью термопары.

Исследование состоит из двух частей:

1. изучение влияния ультразвука на пеногашение;
2. изучение влияния ультразвука на свойства хлебопекарных дрожжей.

Первая часть исследования. Активное пенообразование при постоянной аэрации среды зафиксировано спустя 2,5 ч после ввода дрожжей в питательную среду. Высота пены при этом достигла 14 мм.

При включении ультразвукового генератора для газовоздушных сред с мощностью 50%, с частотой 20 кГц пена осела за 2,6 с.

Проведена серия исследований на различной мощности ультразвукового генератора для газовоздушных сред, при влиянии на различную высоту пены. Результаты представлены на рис. 2.

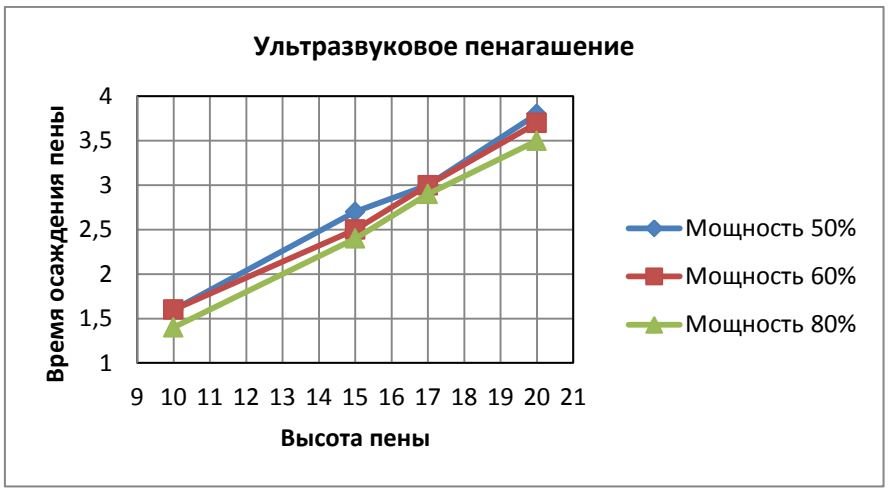


Рис. 2. Ультразвуковое пеногашение

Таким образом, в результате проведенных исследований получены экспериментальные данные, анализ которых показывает эффективность применения ультразвука для разрушения пены при культивировании дрожжей.

Вторая часть исследования. Для изучения влияния ультразвука на свойства хлебопекарных дрожжей применен погружной ультразвуковой генератор для водных сред, с целью распространения влияния ультразвука не только на верхние слои продукта, но и непосредственно на всю питательную среду с хлебопекарными дрожжами.

Для определения влияния ультразвука на кислотность среды отобран контрольный образец (смесь питательной среды и дрожжей) и образец после влияния погружного ультразвукового генератора с мощностью 50% на частоте 20 кГц. При помощи универсального лакмусового индикатора был измерен уровень pH, который в обоих случаях составил 4,3.

Активность дрожжей исследована на примере хлеба, который выпечен из смеси питательной среды и хлебопекарных дрожжей контрольного образца и после влияния погружного ультразвукового генератора с мощностью 50% на частоте 20 кГц. Хлеб выпекался по технологии: 200 мл смеси питательной среды и хлебопекарных дрожжей, 5 г соли, 350 г муки высшего сорта. Выпечка производилась в минихлебопекарне на скором режиме.

По органолептическим свойствам образцы хлеба похожи: запах свойственный нормальному хлебу, без запаха плесени, затхлости, вкус без кисловатого, горьковатого и других посторонних привкусов, цвета корки одинаковые, а по высоте образец, дрожжевая смесь которого подверглась ультразвуковому излучению, получился на 12 мм выше контрольного образца.

Для определения пористости применяют прибор Журавлева, состоящий из металлического цилиндра с заостренным концом, деревянной втулки, деревянного или металлического лотка с поперечной стенкой.

На расстоянии 3,8 см от стенки на лотке имеется прорезь глубиной 1,5 см.

Из середины батона вырезают кусок шириной не менее 7–8 см. Из наиболее типичного места для пористости на расстоянии не менее 1 см от корок делают выемки цилиндром прибора Журавлева. Острый край цилиндра предварительно смазывают растительным маслом. Цилиндр вращательным движением вводят в мякиш.

Цилиндр, заполненный мякишем, укладывают на лоток так, чтобы ободок его плотно входил в прорезь, затем деревянной втулкой выталкивают из цилиндра мякиш примерно на 1 см и делают срез его края острым ножом. Отрезанный кусочек удаляют. Оставшийся в цилиндре мякиш выталкивают втулкой до стенки лотка и отрезают у края цилиндра.

Объем цилиндра вырезанного мякиша (выемки) хлеба вычисляют по формуле

$$V = \frac{3{,}14 \cdot d^2 \cdot H}{4},$$

где V – искомый объем цилиндра вырезанного мякиша хлеба, см^3; d – внутренний диаметр цилиндра, см; H – длина цилиндра мякиша, см.

При диаметре цилиндра 3 см и расстоянии от стенки лотка до прорези 3,8 см объем выемки цилиндра мякиша равен 27 см^3.

Для определения пористости хлеба, изготовленного из пшеничной муки, делают три цилиндрические выемки, 27 см^3 каждая.

Приготовленные выемки взвешивают одновременно с точностью до 0,01 г.

Пористость хлеба вычисляют по формуле

$$X = \frac{V - \frac{G}{\rho}}{V} \cdot 100,$$

где V – общий объем выемки хлеба, см^3; G – масса выемки, г; ρ – плотность беспористой массы мякиша г/см^3.

Плотность беспористой массы для хлеба из муки пшеничной 1-го сорта составляет 1,31 г/см^3.

Вычисление пористости производят с точностью до 1,0%. Доли до 0,5% включительно отбрасывают, доли свыше 0,5% приравнивают к единице. В таблице представлены результаты измерений образцов, где G_1 – масса выемки контрольного образца, г; G_2 – масса выемки контрольного образца, г.

Таблица. Масса выемки контрольного образца и образца после влияния ультразвука

Номер выемки	Масса выемки G_1, г	Масса выемки G_2, г
1	8,77	8,33
2	8,69	8,30
3	8,75	8,26
$G_{ср}$	8,74	8,29

$$X_1 = \frac{V - \frac{G_1}{\rho}}{V} \cdot 100 = \frac{27 - \frac{8,74}{1,31}}{27} \cdot 100 = 75,$$

$$X_2 = \frac{V - \frac{G_2}{\rho}}{V} \cdot 100 = \frac{27 - \frac{8,29}{1,31}}{27} \cdot 100 = 77.$$

Для хлеба из пшеничной муки первого сорта, пористость хлеба должна быть не менее 68%. В нашем случае в образце, дрожжевая смесь которого подверглась ультразвуковому излучению, пористость хлеба улучшилась на 2%.

В результате воздействия ультразвука на дрожжевую смесь активность дрожжей увеличилась, так как подъемная сила хлебопекарных дрожжей стала больше, о чем свидетельствует увеличение поднятия выпеченного хлеба на 12 мм и улучшение пористости на 2%. При этом органолептические свойства не изменились.

Ультразвук не имеет отрицательного влияния на развитие хлебопекарных дрожжей.

Литература

1. Скиба Е.А. Технология производства дрожжей. – Бийск: Алт. гос. техн. Университет, 2010. – 121 с.
2. Хмелев В.Н., Барсуков Р.В., Хмелев М.В., Цыганок С.Н., Шалунов А.В. Ультразвуковое оборудование для интенсификации химико-технологических процессов // Энциклопедия инженера-химика. – 2010. – № 6. – С. 7–11.
3. Благовещенская М.М. Автоматика и автоматизация пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1991. – 188 с.

Щедрин Павел Олегович
Год рождения: 1991
Факультет точной механики и технологий,
кафедра технологии приборостроения, группа № 6656
Направление подготовки: 200100 – Приборостроение
e-mail: pavlik-1991@yandex.ru

УДК 658.516.2 + 658.531.1 + 681.513.2

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ СТАНЦИЯМИ ЛИНИИ СБОРКИ МИКРООБЪЕКТИВОВ

П.О. Щедрин
Научный руководитель – к.т.н., доцент Б.С. Падун

В работе приводятся результаты проектирования технологической системы автоматизированной станции «Окончательная сборка микрообъектива» [1], специализированной оснастки, алгоритмы работы, расчет временных характеристик работы станции, управляющие программы, а также способы обеспечения безопасности станции. Сборка является наиболее сложной областью применения

автоматизированных систем. Она требует точности, повторяемости, разнообразия движений, применения сложных захватных приспособлений, а иногда и комбинированных механизмов [2]. Предметом автоматизации в данном случае является объектив микроскопа, поскольку он является самой сложной и ответственной составляющей всей конструкции микроскопа.

Целью работы являлась разработка методики проектирования станций сборки узлов микрообъектива (МО) для повышения производительности и точности выпускаемых изделий и обеспечение безопасности работы станции.

Технологическая система станции «Окончательная сборка микрообъективов» является автоматическим центром, в котором операция сборки МО выполняется без участия специалиста, т.е. автоматически. Технологическая система станции имеет 12 управляемых координат и включает следующие компоненты (рисунок): 1 – каркас станции; 2 – робот-перекладчик (РП); 3 – робот-манипулятор (декартовый робот); 4 – шкаф управления; 5 – столик под тару; 6 – устройство для завинчивания; 7 – устройство для переворота МО; 8 – устройство для нанесения эмали; 9 – лифтовый склад (ЛС); антенна устройства RFID (на рисунке не показана).

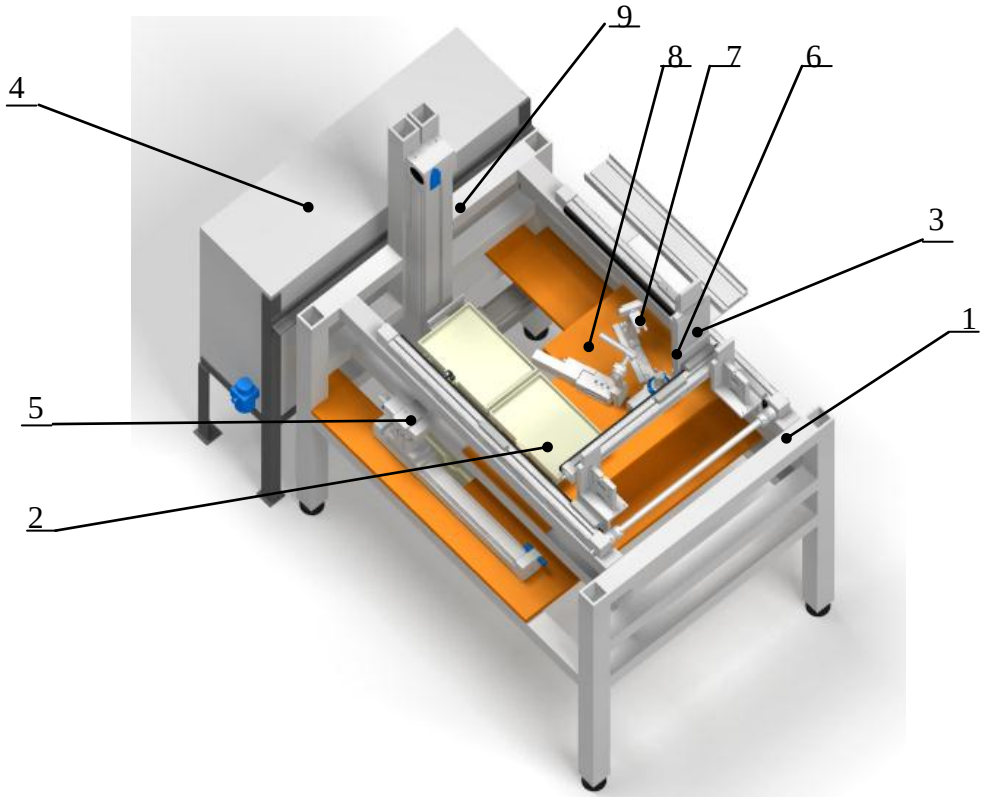


Рисунок. Общий вид станции «Окончательная сборка микрообъективов»

Первым этапом работы стала разработка крепления ЛС. ЛС служит для хранения тар с деталями и готовыми узлами. Было исследовано три варианта крепления. Анализ вариантов крепления был направлен на оценку сложности изготовления крепления, надежности работы ЛС, сложности управления, размеров станции.

Первый вариант размещения характеризуется тем, что опора ЛС крепится вплотную к горизонтальной балке станции рядом со шкафом управления. У второго варианта размещения отличие от первого только одно: опора склада «врезана» в горизонтальную балку, к которой она крепилась ранее. Третий вариант существенно отличается от предыдущих: способ крепления столиков прямой, т.е. без дополнительного крепежного элемента. Наиболее устойчивым к вибрациям был признан способ крепления с врезанием в каркас станции.

Второй этап работы – размещение склада на станции относительно РП. На размещение склада влияли следующие факторы: высота транспортной линии, каркас станции, конструкция ручки тары, губки РП, конструкция полок склада.

Порядок проектирования следующий: установка вокзала с тарой (по высоте), после установка РП, затем установка тары на станции и, наконец, размещение ЛС. После установки устройств по высоте (координате *Z*) необходимо выверить их по координатам *X* и *Y*. Таким образом после установки склада по высоте корректируется положение тары на станции, РП и шаттла по второй координате, а затем в обратном порядке по другой.

После установлены устройства (сборочные и устройство нанесения эмали) в форме буквы «*Y*» для экономии места на станции.

Для унификации лифтового склада с целью установки на других станциях и переналадки для выпуска другого изделия была введена в конструкцию ЛС «дискрета» – величина передвижения полок склада.

После этого была проведена работа по проектирования полок склада. Было рассмотрено два варианта: полка «составная» и полка из прутка. После анализа вариант полки из прутка был отброшен. Затем последовал расчет составной полки на прогиб в системе инженерного анализа «ANSYS» с целью его уменьшения.

После завершения проектирования полок склад был установлен на станцию.

Также была проектирована специальная оснастка для размещения на станции – столик для тары. При проектировании учитывалось, что детали будут получены с помощью технологии быстрого прототипирования [3]. Необходимо было следовать требованию, которое предъявляется выращиваемой на 3D-принтере оснастке – в случае столкновения устройств ломаться должна оснастка, а не устройства.

В ходе работы также доработана методика расчета времени выполнения операций на станции – добавлен учет времени ускорения и торможения устройств на электроприводах. Описан способ обеспечения безопасного функционирования роботов для обеспечения заданного качества выпускаемой продукции. Также унифицированы алгоритмы работы станции, обозначение входов–выходов на устройствах на двух станциях для упрощения написания управляющих программ.

Для бесперебойной работы станции, а также и всей линии сборки, необходимо обеспечить их безопасность. Для этого был проведен анализ возможных тупиковых и аварийных ситуаций – выяснить причины их появления и разработать способы предотвращения и выхода из них.

Были выявлены следующие возможные аварийные ситуации: затопление сверху из-за прорыва трубы, отсутствие давления в системе, повреждение электропроводов устройств.

Для защиты станции от внешних факторов был предложен эскиз защитного кожуха, который должен быть разработан в соответствии с ГОСТ 12.2.072-98 «Роботы промышленные. Роботизированные технологические комплексы. Требования безопасности и методы испытаний» [4].

Для предотвращения повреждений, зажимов и преждевременного износа проводов и шлангов разрабатывалась специальная оснастка. Суть ее в том, чтобы отвести провода и шланги от движущихся частей устройств, а также избежать контакта с каркасом станции. Для удобства обслуживания устройств предлагается все провода и шланги группировать (связывать вместе) и обозначать ярлыками в соответствии с обозначением в управляющей программе. Предложен способ организации взаимосвязи оператора с автоматизированной линей сборки с помощью устройства оператора на основе текста типа FED фирмы Festo [5].

В результате работы можно отметить следующее:

- разработана методика проектирования станции сборки микрообъективов;
- разработана необходимая оснастка с применением как традиционных, так и новой технологии изготовления деталей;
- разработаны алгоритмы работы устройств;
- унифицированы управляющие программы типовых устройств;
- предложены способы предотвращения и выхода из аварийных и тупиковых ситуаций с использованием технических и программных средств путем взаимодействия с оператором;
- разработана модульная конструкция полок лифтового склада, новый столик для тары на станции и приспособление для его установки;
- выпущена необходимая конструкторская документация.

Литература

1. Падун Б.С., Щедрин П.О. Технологическая система и технологические процессы. Ч. 15. Технологическая система и технологические процессы станции «Окончательная сборка микрообъективов». – 2014. – 85 с.
2. Асфаль Р. Роботы и автоматизация производства / Пер. с англ. М.Ю. Евстегнеева и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 448 с.
3. Параметры материала FullCure RGD720 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://objet.ru/?eid=15, своб.
4. ГОСТ 12.2.072-98. Роботы промышленные. Роботизированные технологические комплексы. Требования безопасности и методы испытаний. – Введ. 01.01.2002. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001. – 16 с.
5. Блоки управления FED, панели оператора // Festo. – 2006 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cta-i.ru/bitrix/components/FED_RU.PDF, своб.

ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСОВ КАФЕДР НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ

Аверкиев Дмитрий Алексеевич
Год рождения: 1990
Факультет фотоники и оптоинформатики, кафедра компьютерной фотоники и видеоинформатики, группа № 6320
Направление подготовки: 200400 – Оптотехника
e-mail: averkiev75@yandex.ru

УДК 681.1

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРТАТИВНОГО СФЕРОМЕТРА

Д.А. Аверкиев
Научный руководитель – д.т.н., профессор С.М. Латыев

Сегодня на оптических производствах используются разнообразные способы проверки и измерения радиусов кривизны сферических поверхностей оптических деталей. Среди них особо следует выделить способ с использованием сферометра. Этот прибор нашел широкое применение благодаря технической простоте измерений, приемлемой стоимости и точности.

Наиболее часто в практике измерений используются сферометры «ИЗС-12» производства фирмы «ЛОМО» (Санкт-Петербург), «Super-Spherotronic» и «Spherocompact» немецкой компании «Trioptics». Несмотря на хорошие показатели точности, данные приборы морально устарели. Для их производства используются детали, разработанные много лет назад по старым технологиям, а именно: детектор линейных перемещений и некоторые электронные компоненты. Из-за высокой стоимости, величины и веса данных деталей, существующие сферометры дорого стоят, отличаются громоздкостью и тяжестью. Следовательно, особую актуальность приобретает разработка оригинальной конструкции сферометра с приемлемой точностью и малыми габаритами, позволяющими без труда переносить прибор. Преимуществами такого прибора становятся мобильность и низкая стоимость, за счет незначительного уменьшения точности.

Данное обстоятельство послужило основанием для выбора темы данной работы.

Источниковедческую базу исследования составили пять основных групп источников. К первой группе была отнесена справочная литература (справочники, каталоги продукции, стандарты), в которой описаны критерии к точности, к окружающим условиям и т.д. Ко второй группе – техническая документация на разнообразные структурные компоненты конструкции сферометра. Третью группу составили математические исследования, позволяющие произвести точностные и функциональные расчеты. В четвертую группу вошли источники, в которых описаны механизмы моделирования технических конструкций и принципы конструирования. Пятую группу составляет литература, описывающая технические процессы изготовления деталей, например, процесс литья под давлением и процесс лазерной резки металла.

Целью исследования стало теоретическое обоснование разработки оригинальной конструкции сферометра на основе позиционно-чувствительного приемника (ПЧП).

Для реализации поставленной цели было необходимо решить следующие задачи:

1. изучить и описать структуру и технические характеристики существующих сферометров и ПЧП;

2. разработать и обосновать функциональную схему оригинальной конструкции сферометра на основе ПЧП;
3. произвести точностной расчет оригинальной конструкции сферометра на основе ПЧП;
4. разработать, описать и обосновать модель оригинальной конструкции сферометра на основе ПЧП;
5. составить электрическую схему ПЧП, написать программу для обработки аналогового сигнала в цифровой;
6. разработать методы пошаговой юстировки и аттестации оригинальной конструкции сферометра;
7. дать экономическое обоснование производству сферометра;
8. разработать сборочные чертежи и оригинальные детали сферометра.

Методы исследования:

1. теоретические методы: метод анализа теоретической литературы, метод оценки качества, метод моделирования;
2. эмпирические методы: методы проектирования и конструирования, методы юстировки и аттестации;
3. математические методы: методы элементов математического моделирования и анализа.

Научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследования заключается в том, что в результате его проведения:

- изучена и описана структура и технические характеристики существующих сферометров и ПЧП;
- разработана функциональная схема оригинальной конструкции сферометра на основе ПЧП;
- произведен точностной расчет оригинальной конструкции сферометра на основе ПЧП;
- разработана модель оригинальной конструкции сферометра на основе ПЧП;
- составлена электрическая схема ПЧП;
- написана программа для обработки аналогового сигнала в цифровой;
- разработан и описан интерфейс прибора;
- осуществлен анализ технологий изготовления и выбора материалов для производства прибора;
- разработаны методы пошаговой юстировки и аттестации прибора;
- произведен экономический расчет;
- разработаны сборочные чертежи и оригинальные детали сферометра.

Наличие практической значимости исследования обуславливает возможность использования разработанного прибора на производстве.

Структура работы. Работа состоит из трех глав. В первой главе представлен обзор существующих сферометров и позиционно-чувствительных приемников. Во второй – функциональная схема оригинальной конструкции и результаты ее точностного расчета. В третьей главе описаны процесс моделирования деталей, узлов сферометра и интерфейс прибора, его сборка, методы юстировки и аттестации, осуществлен анализ технологий изготовления и выбора материалов и дана экономическая оценка.

Александрова Софья Александровна
Год рождения: 1990
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра систем управления и информатики, группа 6147
Направление подготовки: 220100 – Системный анализ и управление
e-mail: alexandrova_sophie@mail.ru

УДК 62-50

СИНТЕЗ И АНАЛИЗ ПАРАМЕТРИЧЕСКИ ИНВАРИАНТНЫХ НЕПРЕРЫВНЫХ СИСТЕМ

С.А. Александрова
Научный руководитель – к.т.н., доцент О.В. Слита

В работе была исследована проблема достижения абсолютной инвариантности выхода системы при наличии вариаций параметров системы, т.е. при наличии параметрической неопределенности математического описания объекта управления. Необходимо всегда понимать, что параметры объекта управления не являются стационарными: физические параметры подвержены изменениям в ходе функционирования, в электромеханических системах сложной остается задача описания динамических и статических моментов рабочего механизма. На практике бывает, что произвести расчет параметров схем замещения весьма затруднительно, так же случается, что априорные данные не соответствуют действительным, паспортные данные корректны только для номинального режима работы объекта, а в существующей справочной литературе параметры приведены для наиболее распространенных электромеханических систем. Также часто в инженерной практике можно столкнуться с проблемой появления вариаций модели исследуемого объекта при переходе с эскизного этапа проектирования к техническому и с технического этапа проектирования к рабочему. Положение о неопределенности параметров математического описания требует особого внимания, так как получить абсолютно определенное задание модели объекта практически невозможно.

Основной **целью исследования** являлся синтез робастных систем управления в условиях параметрической неопределенности, обеспечение заданной величины параметрической ε – инвариантности выхода системы, для чего была поставлена задача анализа синтезированной системы управления, оценивания величины параметрической ε. Ранжирование неопределенностей для определения интервальных параметров, воздействующих наиболее сильно на выход системы. Предполагается, что границы изменения параметров неизвестны.

Одной из постановочных версий управления в условиях неопределенности является задача обеспечения инвариантности выхода системы к неопределенности параметров модели исходного объекта или параметрической инвариантности. В случае, когда объект управления не удается задать в базисе представления, при котором возможно реализовать абсолютную параметрическую инвариантность выхода системы, следует перейти к обеспечению ε проектируемой системы.

Задача обеспечения ε решена относительно эндогенных параметрических возмущений и экзогенных сигнальных возмущений, на основе использования свойств собственных векторов матричной функции и спектров собственных значений от матрицы, параметризированной комплексной переменной. При наличии

перечисленных возмущений, в системе управления присутствует два входа: вход, осуществляющий желаемое (полезное) воздействие, и второй вход (параметрический вход), осуществляющий нежелательное воздействие состоянием и выходом системы управления. Для осуществления оценивания $\hat{\varepsilon}$ величины параметрической ε инвариантности и ранжирования неопределенностей в работе рассмотрено два подвида системных грамианов: грамианы, характеризующие отношение «задающее воздействие–выход проектируемой системы», позволяющие оценить передаваемое количество энергии от задающего воздействия состоянию системы, и грамианы, характеризующие отношения «параметрическое воздействие–выход системы», позволяющие оценить передаваемое количество энергии от параметрического воздействия состоянию, т.е. численно выразить энергию, которую «потребляет» параметрическая неопределенность. Подходы к ранжированию, предложенные в данной работе, являются апостериорными.

Первый способ ранжирования параметрических неопределенностей по степени их влияния на выход системы осуществлен с помощью спектральных норм грамианов управляемости отношения «параметрическое воздействие–выход системы»: наибольшая спектральная норма грамиана будет соответствовать неопределенности, наиболее сильно влияющей на выход системы.

Еще одним способом апостериорного ранжирования неопределенностей с помощью грамианов управляемости является способ, основанный на решении обобщенного характеристического уравнения. Данный способ ранжирования можно выполнить с использованием грамианов обоих системных видов, при расположении задающих и возмущающих воздействий на единичной сфере.

В работе проведен синтез закона управления и анализ синтезированной системы с использованием предложенных подходов на примере заданного параметрически неопределенного объекта управления – двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением с конкретными техническими данными, при анализе которого необходимо было учитывать возможные появления изменений инерции нагрузки, параметров самой электромеханической системы в процессе функционирования.

При синтезе системы управления было учтено, что при изменяющихся значениях момента нагрузки, электромеханической постоянной, при возможных отклонениях работы силового преобразователя необходимо рассматривать неопределенность в канале управления. Тогда описание непрерывного объекта управления типа «многомерный вход – многомерный выход» будет содержать параметрически неопределенные матрицы состояния и управления, что весьма усложняет процесс обеспечения минимума величины ε замкнутой системы и стабильности показателей качества управления.

Подходы, предложенные в работе, позволяют произвести оценивание величины ε. При анализе значений, получаемых при выполнении оценивания, представляется возможным на стадии синтеза закона управления определить оптимальные коэффициенты регулирующих устройств. Также зная и учитывая на этапе проектирования системы управления, какая из неопределенностей параметров передает объекту большую энергию, можно обеспечить лучшее определение параметра и уменьшить параметрическую ε. С помощью грамианов в процессе синтеза закона управления можно оценить целесообразность его применения, так как при малом значении спектральной нормы грамиана управляемости по задающему воздействию достичь желаемых показателей системы затруднительно.

Литература

1. Бобцов А.А., Никифоров В.О., Пыркин А.А., Слита О.В., Ушаков А.В. Методы адаптивного и робастного управления нелинейными системами в приборостроении. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 277 с.
2. Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Теория электропривода. Учебник для вузов. – СПб: Энергоатомиздат, 1994. – 496 с.
3. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0. Учебное пособие. – СПб: КОРОНА принт, 2010. – 320 с.

Алимова Диана Сергеевна
Год рождения: 1990
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевых производств, кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья, группа № и6353
Направление подготовки: 260100 – Технология продуктов питания из растительного сырья
e-mail: alimova-diana@mail.ru

УДК 663.53

РАЗРАБОТКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СХЕМЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЗАМЕСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОТЕНЦИАЛА ФЕРМЕНТАТИВНОЙ СИСТЕМЫ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Д.С. Алимова
Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.В. Баракова

При производстве этилового спирта используют различные схемы приготовления, водно-тепловой и ферментативной обработки зерновых замесов с целью обеспечения наибольшего растворения и гидролиза всех компонентов зернового сырья [1]. Тепловые затраты на нагрев замеса и внесение ферментативных препаратов гидролитического действия увеличивает себестоимость конечного продукта – этилового спирта. В зерновых культурах содержатся собственные нативные ферменты, поэтому создав условия для их активного участия в биохимических процессах можно говорить о снижении этого показателя.

Для сохранения активности нативных ферментов необходимо добиться как можно более низких температур проведения водно-тепловой и ферментативной обработки замесов. В работах В.А. Сотникова и соавторов показано, что применение мокрого помола ржи на виброкавитационной мельнице с применением пищевой добавки Дистамил позволяет проводить водно-тепловую и ферментативную обработку ржаных замесов с гидромодулем 1:3 при 60°С [4].

В работе И.В. Смирновой показано, что применение ультразвуковой обработки ржаных замесов с гидромодулем 1:3 позволяет также проводить водно-тепловую обработку замесов при температуре 60°С [5].

Необходимо учесть, что предлагаемые технологии предполагают дополнительные затраты на приобретение нового оборудования – виброкавитационной мельницы и ультразвуковой установки, эксплуатация которых также требует дополнительного обучения персонала и выполнения безопасных условий труда.

В работах Н.В. Бараковой было показано, что ферментными препаратами можно добиться снижения температурных режимов водно-тепловой обработки зерновых замесов из ячменя с более низким гидромодулем – 1:2,5 и со степенью деструкции

зерна, которую получают на установленном на спиртовых заводах оборудовании, – 90% проход через сито диаметром 1 мм [2].

Основной **целью работы** явилась разработка режима водно-тепловой и ферментативной обработки ржаных замесов с пониженным гидромодулем с учетом активности нативных ферментов амилолитического действия.

Для выполнения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи.

1. Влияние ферментных препаратов на температуру клейстеризации крахмала в ржаных замесах с пониженным гидромодулем. В ходе проведения работы была установлена доза внесения α-амилазы в количестве 2,5 ед. АС/г крахмала и ксиланазы – 1,25 ед. Кс/г сырья, позволяющих снизить точку клейстеризация крахмала, а, следовательно, и температуру водно-тепловой обработки ржаного замеса с 90°С до 60°С при степени деструкции сырья – 90% проход через сито диаметром 1 мм.
2. Влияние температуры на активность нативной α-амилазы в ржаных замесах с пониженным гидромодулем. При исследовании влияния температуры на активность нативной α-амилазы [7] было установлено, что максимальная активность α-амилазы составляет 5,7 ед. АС/100 см^3 при температуре 47°С, а при температуре 60°С – 3,9 ед. АС/100см^3 (рис. 1).

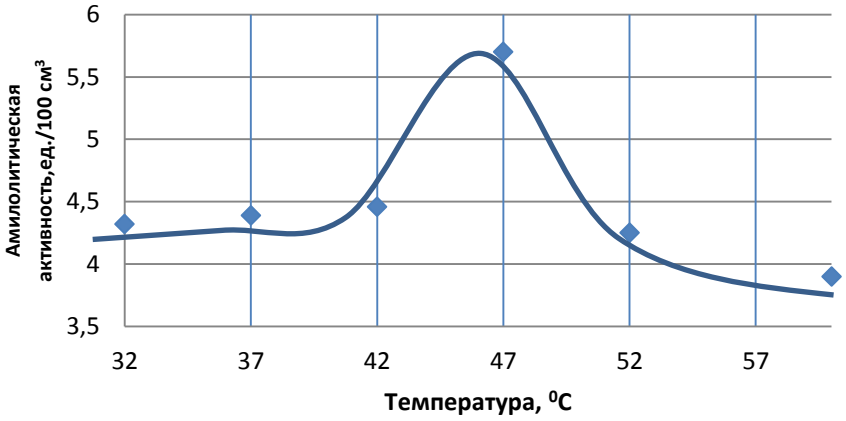


Рис. 1. Зависимость активности α-амилазы от температуры в ржаном замесе с пониженным гидромодулем

3. Расход микробной α-амилазы с учетом активности нативной α-амилазы при приготовлении ржаных замесов с пониженным гидромодулем. Используя то факт, что при температуре 60°С активность нативных ферментов составляет 3,9 ед. Ас/100 см^3, была снижена доза внесения α-амилазы с 2,5 до 2,0 ед. АС/г при проведении водно-тепловой обработки ржаного замеса с гидромодулем 1:2,5 при температуре 60°С. Далее методом бродильной пробы, была проведена оценка эффективности растворения крахмала во время водно-температурной обработки по показателям зрелой бражки [3], и было установлено, что количество нерастворенного крахмала превышает норму, установленную технологическим регламентом получения спирта из крахмалсодержащегося сырья (табл. 1) [6].

Таблица 1. Показатели зрелой бражки

Доза внесения ферментных препаратов		Количество углеводов		
Дистицим БА-Т Специал, ед. АС/г крахмала	Дистицим GL, ед. КС/г сырья	$С_{общ}$, г/100 см^3	$С_{ру}$, г/100 см^3	$С_{нк}$, г/100 см^3
0,40	0,20	1,68	1,21	0,42
2,50	1,25	2,03	1,84	0,17
2,00	1,25	1,37	1,02	0,32

4. Влияние pH ржаного замеса с пониженным гидромодулем на активность нативной α-амилазы. Для повышения активности нативных ферментов в ржаных замесах было проведено исследование влияния pH среды на активность нативной α-амилазы. Исследования проводили на ржаном замесе, приготовленном с гидромодулем 1:2,5, температура водно-тепловой обработки составляла 60°С, подкисление замеса проводили ортофосфорной кислотой. Было установлено, что максимальное значение нативной α-амилазы составляет 5,08 ед. АС/100 см^3 сусла при pH замеса – 4,6 (рис. 2). Подкисление замеса с pH 6,4 до 4,6 позволило повысить активность нативной α-амилазы на 1,18 ед. АС/100 см^3.

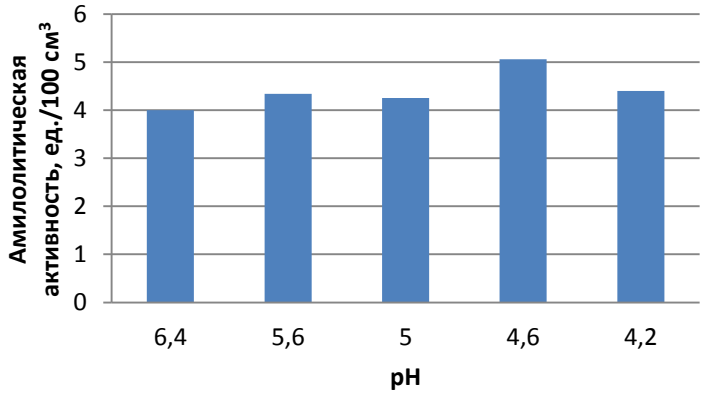


Рис. 2. Зависимость активности нативной α-амилазы от pH ржаного замеса с пониженным гидромодулем

5. Интенсификация режима водно-тепловой и ферментативной обработки ржаного замеса с пониженным гидромодулем при температуре 60°С. С учетом того, что активность нативной α-амилазы ржаного замеса с гидромодулем 1:2,5 повышается при подкислении замеса, было проведено исследование – насколько эффективно проводить водно-тепловую обработку ржаного замеса со степенью деструкции – 90% проход через сито диаметром 1 мм при температуре 60°С, снижении дозы внесения α-амилазы с 2,5 ед. АС/г крахмала до 2,0 ед. АС/г крахмала за счет активности нативной α-амилазы и подкислении замеса до 4,6. И было установлено, что количество нерастворенного крахмала не превышает нормы, установленной технологическим регламентом получения спирта из крахмалсодержащегося сырья (табл. 2).

Таблица 2. Показатели зрелой бражки

№ образца	pH ржаного замеса	Доза внесения ферментных препаратов		Количество углеводов		
		Дистицим БА-ТСпециал, ед. АС/г крахмала	Дистицим GL, ед. КС/г сырья	$С_{общ}$, г/100 см^3	$С_{ру}$, г/100 см^3	$С_{нк}$, г/100 см^3
Контроль	6,4	2,00	1,25	1,37	1,02	0,32
Опытный образец	4,6	2,00	1,25	1,27	1,13	0,14

Обобщая **результаты работы**, отметим следующее: исследованиями, проведенными в данной работе, была показана возможность и эффективность использования нативных ферментов в технологиях получения зерновых гидролизатов из ржи, а также пути повышения их активности. Существуют и другие способы интенсификации применения нативных ферментов – другие способы подкисления

зерновых замесов (внесение фильтрата барды, применение фитазы), применение различных активаторов нативных ферментов, устранение ингибирующих факторов.

Использование внутренних ресурсов биосистемы зерновых культур является актуальной задачей не только для технологии производства спирта, но и для других направлений биотехнологии, использующих зерновые гидролизаты.

Литература

1. Андриенко Т.В., Полякова В.А., Крикунова Л.Н. Получение осахаренного сусла из ИК-обработанного зерна ржи // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 7. – С. 59–62.
2. Баракова Н.В., Тишин В.Б., Леонов А.В. Исследование влияния ферментных препаратов на вязкость высококонцентрированных замесов из ячменя при производстве этилового спирта // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2010. – № 4. – С. 24–26.
3. Инструкция по технологическому и микробиологическому контролю спиртового производства. – М.: ВНИИПБТ, 2008. – 399 с.
4. Сотников В.А., Марченко В.В., Гамаюрова В.С. Лимитирующий фактор низкотемпературного разваривания крахмалистого сырья // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2005. – № 1. – С. 12–16.
5. Смирнова И.В. Интенсификация технологии спирта с использованием ультразвука в процессе водно-тепловой обработки пшеницы. Автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.18.07. – М., 2007. – 26 с.
6. Типовой технологический регламент производства спирта из крахмалистого сырья. – М., 1998. – 78 с.
7. Рухлядева А.П., Полыгалина Г.В. Методы определения активности гидролитических ферментов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 288 с.

Баранов Александр Николаевич
Год рождения: 1991
Факультет фотоники и оптоинформатики,
кафедра оптоинформационных технологий и материалов,
группа № 6345
Направление подготовки: 200400 – Оптотехника
e-mail: a.n.baranov@outlook.com

УДК 681.7.064.454

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ В ОБЛАСТИ СПЕКТРА 0,4–12 МКМ С ПОВЫШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

А.Н. Баранов (Университет ИТМО)
Научный руководитель – к.т.н., в.н.с. Г.А. Муранова
(ОАО «ГОИ им. С.И. Вавилова»)

В работе рассмотрена возможность создания конструкций многоспектральных просветляющих покрытий с повышенными эксплуатационными характеристиками для подложек из селенида цинка на базе метода термического испарения веществ в высоком вакууме.

Использование многоспектральных просветляющих покрытий позволяет находить более совершенные оптические схемы и приводит к существенному снижению габаритов и массы приборов. Однако синтез такого рода покрытий требует применения специальных методов расчета и учета требований к механическим свойствам.

Согласно предложенному техническому заданию к оптическим характеристикам отдельных деталей предъявлялись следующие требования:

- $\tau_{инт.} > 0{,}80$ для $\lambda = (0{,}7 \dots 1{,}0)$ мкм и $\tau_{инт.} > 0{,}90$ для $\lambda = (8 \dots 12)$ мкм;
- $\tau_{инт.} > 0{,}55$ для $\lambda = (0{,}55 \dots 0{,}6)$ мкм; $\tau_{инт.} > 0{,}90$ для $\lambda = (8 \dots 12)$ мкм;
- $\tau_{инт.} > 0{,}94$ для $\lambda = (3{,}7 \dots 4{,}8)$ мкм и $(7{,}7 \dots 11{,}0)$ мкм;
- $\tau_{инт.} > 0{,}75$ для $\lambda = (0{,}6 \dots 0{,}9)$ мкм и $\tau_{инт.} > 0{,}90$ для $\lambda = (3{,}7 \dots 4{,}8)$ мкм и $\tau_{инт.} > 0{,}85$ для $\lambda = (7{,}7 \dots 11{,}0)$ мкм.

По эксплуатационным параметрам покрытия должны иметь нулевую группу механической прочности и первую группу влагостойкости по ОСТ3-1901-95, а также выдерживать термоудар ±60°С.

В текущем ОСТе на оптические покрытия (ОСТ3-1901-95) для просветления деталей инфракрасной (ИК) техники разработан ряд ахроматических покрытий для отдельных областей спектра (⊗В.020+; ⊗В.021+; ⊗В.029+; ⊗В.034+), однако для одновременного просветления нескольких спектральных областей, стандартизированных покрытий нет.

Решение задачи синтеза многоспектральных просветляющих покрытий на деталях из ZnSe для трех (и двух) широких диапазонов в литературных источниках представлено в основном системами со ступенчато убывающим показателем преломления от подложки к воздуху (например, [1–3]). Данные конструкции обеспечивают спектральную характеристику с очень высоким пропусканием во всех необходимых областях спектра, но имеют определенные технологические сложности при реализации – отсутствие пленкообразующих материалов с необходимыми показателями преломления приводит к использованию эквивалентных симметричных систем, что усложняет контроль при осаждении.

В работах J.A. Dobrowolski [4] найдены конструкции с небольшим количеством слоев и высоким пропусканием в двух диапазонах спектра, но они имеют очень тонкие слои, контроль которых осложнен практически, а также слои из радиоактивного ThF_4.

Работы сотрудников ОАО «ГОИ им. С.И. Вавилова» (Р.С. Соколова, Н.А. Пашкова, Г.А. Муранова, Ж.Н. Горелкина) [1, 2] выделяет среди прочих сравнительная простота конструкций наряду с высокими оптическими и эксплуатационными характеристиками. Однако в них приведен обзор либо систем на подложках из ZnS, либо систем, рассчитанных на два диапазона спектра, либо систем без просветления в видимой области спектра.

Для решения задачи синтеза многоспектральных просветляющих покрытий в работе были использованы методы, основанные на анализе существующих систем, и выбраны четыре вида исходных конструкций оптических покрытий:

- многослойное покрытие, показатели преломления слоев которого постепенно уменьшаются от показателя преломления подложки до минимально возможного показателя преломления верхнего слоя на границе с воздухом;
- блокирующий коротковолновый фильтр (БКФ) для ультрафиолетовой области спектра, эквивалентный показатель преломления которого равен показателю преломления слоя, являющегося просветляющим для ИК-области спектра, а оптическая толщина – четвертьволновому слою для ИК-области;

– многослойное покрытие на основе однослойного просветляющего покрытия для ИК-области спектра с просветлением «эффективных границ» для видимой и БИК-областей спектра;
– многослойное покрытие на основе трехслойного просветляющего покрытия.

При проектировании учитывалась возможность изготовления конструкции, наличие пленкообразующих материалов с нужными оптическими и эксплуатационными параметрами, особенности используемого оборудования и контрольно-измерительной аппаратуры.

В ходе работы также было проведено численное моделирование устойчивости спектральной характеристики пропускания сконструированных покрытий к ошибкам в толщинах слоев в рассматриваемых диапазонах спектра. Для этого был введен критерий устойчивости вида:

$$F(\Delta(nd), j) = \frac{1}{M}\sum_{k=1}^{M}\left\{\frac{1}{N_k+1}\sum_{i=0}^{N_k}\frac{T(nd_j+\Delta(nd),\lambda_i)-T_0(nd_j,\lambda_i)}{T_0(nd_j,\lambda_i)}\right\}, \quad (1)$$

где N_k– количество точек сетки, которой разбивается соответствующий спектральный диапазон на дискретное множество значений; M – общее количество рассматриваемых спектральных диапазонов; j – номер рассматриваемого слоя; $\Delta(nd)$ – величина отклонения оптической толщины слоев; $T(nd_j + \Delta(nd), \lambda_i)$ – коэффициент пропускания покрытия с оптической толщиной j-го слоя измененной на $\Delta(nd)$, $T_0(nd_j, \lambda_i)$ – коэффициент пропускания покрытия с исходной конструкцией.

В качестве ступенчатого покрытия предложена шестислойная конструкция с показателями преломления 2,6; 2,3; 2,2; 1,75; 1,52 и 1,35. Покрытие снижает коэффициент отражения поверхности селенида цинка в области спектра 600–900 нм до $\rho_{ср}$=4,6%, в области 3,7–4,8 мкм до 3,9% и в области 7,7–11 мкм до 0,7%. Система привлекательна тем, что имеет высокое пропускание как в видимой и в ближней инфракрасной (БИК)-частях спектра, так и в ИК-области от 3 мкм до 12 мкм.

Для синтеза просветляющего покрытия на основе БКФ был выполнен расчет системы, эквивалентный показатель преломления которой равен показателю преломления слоя, являющегося просветляющим для ИК-области спектра, а оптическая толщина – четвертьволновому слою для ИК-области. Для повышения пропускания в видимой и БИК-частях спектров вводились дополнительные слои, как для просветления границы с воздухом, так и для просветления границы с подложкой. Итоговая конструкция состоит из 20 слоев и дает интегральное значение пропускания в диапазонах 0,55–1 мкм – 96,3%, 8–12 мкм – 98,5%.

В покрытиях с «просветлением границ» снижение коэффициента отражения в области 7,5–10,5 мкм обеспечивалось за счет однослойного покрытия, близко отвечающего условиям полного гашения отражения ($nh = \lambda/4$; $n = \sqrt{n_{подл}}$), а эффект просветления в видимом и БИК-диапазонах спектра достигался за счет введения дополнительных слоев на границах раздела. По расчету показатель преломления однослойного просветляющего покрытия для селенида цинка $n = \sqrt{2{,}4} = 1{,}55$. Для просветления границы подложка–просветляющий слой, показатель преломления $n = \sqrt{2{,}4 \times 1{,}55} = 1{,}93$. Для просветления границы просветляющий слой–воздух $n = \sqrt{1{,}55 \times 1{,}0} = 1{,}245$. Конструкция, составленная из слоев пленкообразующих материалов, обладающих близкими к расчетным показателями преломления и высокой механической прочностью, характеризуется интегральным пропусканием в диапазонах 0,55–1 мкм – 96,3%, 8–12 мкм – 98,8%.

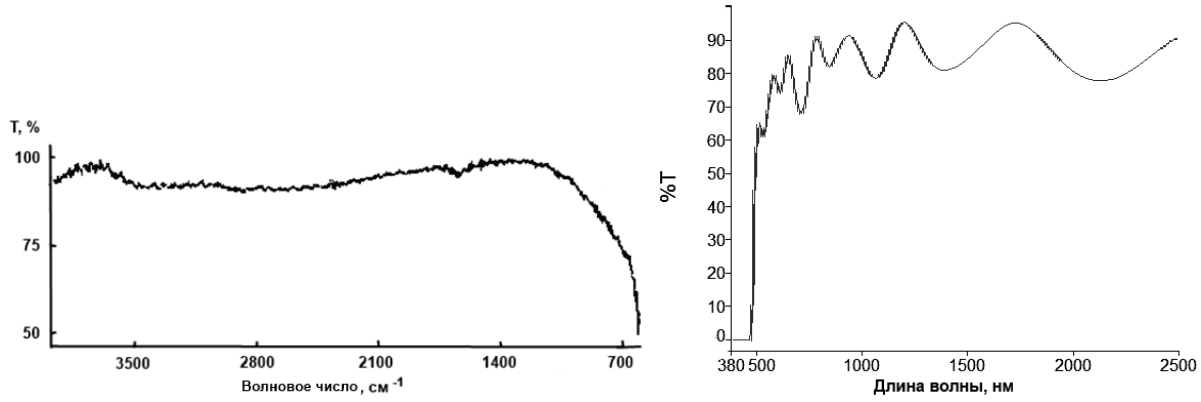
Оптимальной трехслойной системой нам представляется конструкция на основе четвертьволновых слоев. Трехслойные просветляющие покрытия, особенно содержащие слои с $\lambda_0/2$, редко используются для просветления ИК-области спектра из-

за того, что составляющие покрытия слои будут иметь слишком большую толщину и, соответственно, низкую механическую прочность. Интегральное пропускание рассчитанной конструкции в диапазонах 0,6–0,9 мкм – 94,2%, 3,7–4,8 мкм – 97,6%, 7,7–11 мкм – 96,8%.

Устойчивость спектральной характеристики пропускания в рассматриваемых спектральных диапазонах оказалось хуже всего у эквивалентных систем с использованием пары материалов с высоким и низким показателем преломления – небольшие ошибки в слоях сильно сказываются в основном на интегральном пропускании в видимой области спектра. Устойчивее всего спектральная характеристика пропускания у трехслойных покрытий.

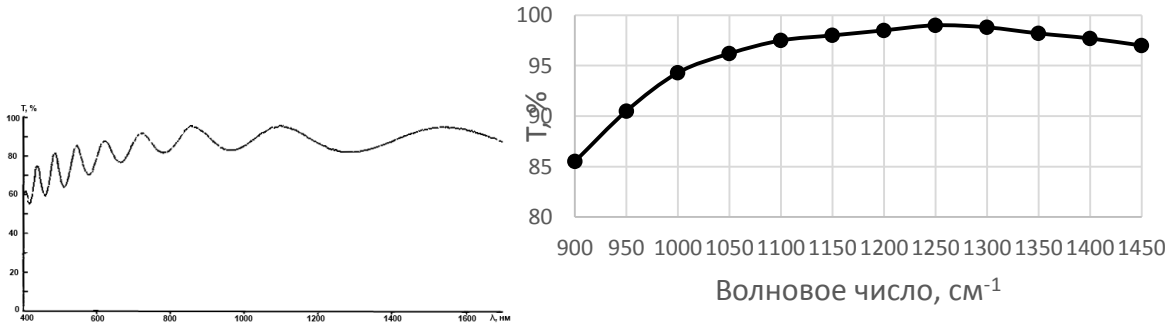
Для отработки технологических приемов нанесения покрытий из множества найденных нами конструкций были выбраны покрытия наиболее технологичные, применительно к имеющемуся у нас оборудованию. Осложняющим технологию фактором являются большие толщины слоев, так как в процессе нанесения толстых слоев трудно удерживать постоянной по толщине структуру, стехиометрию и плотность слоев. Кроме того, толстым слоям свойственны высокие внутренние напряжения. Для достижения необходимой адгезии в большинстве случаев приходится прибегать к нагревной технологии, что увеличивает трудоемкость изготовления и снижает воспроизводимость параметров покрытия. Все это свидетельствует о трудоемкости разработок оптических ИК-покрытий, как в оптическом, так и технологическом планах, и повышает требования к параметрам вакуумного оборудования. Технологические приемы нанесения многоспектральных просветляющих покрытий отрабатывались на плоскопараллельных подложках из селенида цинка и сульфида цинка.

На рис. 1 представлены графики спектрального пропускания образцов со ступенчатым покрытием, рис. 2 – четырехслойным на основе однослойного с «просветлением границ». Опытные данные о спектрах пропускания других типов покрытий представлены в работе. Оптические характеристики всех конструкций по данным эксперимента удовлетворяют требованиям технического задания.



а б

Рис. 1. Спектральное пропускание экспериментального образца из ZnSe с просветляющим покрытием на двух сторонах, с постепенным убыванием показателя преломления слоев, в ИК- (а) и видимой (б) областях спектра



а б

Рис. 2.1 Спектральное пропускание экспериментального образца из сульфида цинка (CVD) с четырехслойным просветляющим покрытием на основе однослойного просветления в видимой и БИК- (а); ИК- (б) областях спектра

Эксплуатационные характеристики покрытий оценивали по ОСТ3-1901-95. Механическую прочность определяли истиранием обернутым батистовой тканью резиновым наконечником на приборе СМ-55. Рабочая часть наконечника закруглена по сфере радиусом 3 мм. Внешний вид деталей после проведения испытаний не изменился. Дефектов покрытия в виде отслоения и шелушения не обнаружено. Пятислойное покрытие с постепенно убывающим показателем преломления, покрытие на основе однослойного с просветлением границ, трехслойное с верхним слоем из YbF_3 по результатам испытаний имеют нулевую группу механической прочности, оставшиеся – первую. Все покрытия обладают 1 группой влагопрочности, выдерживают термоудар ±60°С.

Таким образом, в работе были предложены различные конструкции многоспектральных просветляющих покрытий, эффективно снижающих отражение от подложки из селенида цинка для видимой, БИК- и ИК-областей спектра, с высокими эксплуатационными характеристиками.

Дальнейшее развитие работ по данной тематике может, например, проводиться в области синтеза других типов многоспектральных покрытий (фильтрующие, антиотражающие, зеркальные и т.д.) или исследования влияния технологических погрешностей при изготовлении многоспектральных покрытий на нестабильность их выходных характеристик.

Литература

1. Соколова Р.С., Пашкова Н.А. Многоспектральные просветляющие покрытия для ИК области // Оптический журнал. – 2002. – Т. 69. – № 2. – С. 25–27.
2. Горелкина Ж.Н., Михайлов А.В., Муранова Г.А., Соколова Р.С. Многоспектральные просветляющие покрытия для видимой, ближней ИК и ИК областей спектра // Оптический журнал. – 2005. – Т. 72. – № 10. – С. 60–62.
3. Sankur H., Southwell W.H. Broadband gradient-index antireflection coating for ZnSe // Appl. Opt. – 1984. – V. 23. – № 16. – P. 2770–2773.
4. Dobrowolski J.A., Li L., Sankey J.D., Wimperis J.R. Antireflection coatings for both visible and far-infrared spectral regions // Appl. Opt. – 1992. – V. 31. – № 28. – P. 6150–6156.

Беднова Мария Валериевна
Год рождения: 1979
Естественнонаучный факультет, кафедра экологического приборостроения и мониторинга группа № 6713
Направление подготовки: 280700 – Техносферная безопасность
e-mail: m_bednova@mail.ru

УДК 681.1

РАЗРАБОТКА АТМОСФЕРНОГО МОДУЛЯ В СОСТАВЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ГОРОДЕ МАГАДАН

М.В. Беднова
Научный руководитель – д.т.н., профессор Л.А. Конопелько

В работе рассмотрено создание на базе инфракрасного Фурье спектрометра типа ФСМ 1201 измерительного модуля с заданными метрологическими характеристиками для контроля окиси углерода, аммиака, бензола, толуола в атмосферном воздухе при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Задача контроля атмосферного воздуха актуальна для любого населенного пункта, отличающегося наличием большого числа промышленных производств, источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Не является исключением и город Магадан, где сосредоточено большое количество предприятия горнодобывающей промышленности, а также объектов топливно-энергетического комплекса.

Также, наряду с ежедневным загрязнением атмосферного воздуха, может произойти и чрезвычайная ситуация, связанная с техногенными катаклизмами – такими как аварии на предприятиях, которые сопровождаются выбросом специфических для конкретного вида производств вредных веществ. Своевременное обнаружение таких веществ, а также количественное определение их концентрации в атмосфере, позволит предотвратить чрезвычайные ситуации, связанные с отравлением людей или нанесением вреда их здоровью. Одним из способов решения такого рода задач, является использование автоматических систем контроля атмосферного воздуха, которые имеют несколько измерительных модулей для контроля основных типов воздушного загрязнения. Примесями атмосферного воздуха природного происхождения, образующимися в результате химических и биологических процессов, являются такие газообразные вещества как аммиак, оксиды азота, метан, сероводород и др. Гниение органических веществ способствует поступлению в воздух сероводорода, аммиака. В результате брожения углеродистых веществ выделяется метан. Оксиды азота в небольших количествах образуются во время грозы при взаимодействии азота с кислородом.

Все другие соединения, изменяющие естественный состав атмосферы, попадающие в воздух из различных источников (в основном антропогенного происхождения), классифицируются как загрязнители.

Перечень веществ для измерения на стационарных, маршрутных постах и при подфакельных наблюдениях устанавливается на основе сведений о составе и характере выбросов от источника загрязнения в городе и метеорологических условий рассеивания примесей. Определяются вещества, которые выбрасываются предприятиями города, и оценивается возможность превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) этих веществ. В результате составляется список приоритетных веществ, подлежащих контролю в первую очередь.

При выполнении данной работы в качестве приоритетных загрязнителей были определены следующие вещества: оксид углерода, аммиак, бензол, толуол, трихлорэтилен. Их характеристики представлены в табл. 1.

Таблица 1. ПДК в атмосферном воздухе и класс опасности веществ

Вещество	ПДК мр, мг/м^3	Класс опасности
оксид углерода	5	4
аммиак	0,2	4
бензол	0,3	2
толуол	0,6	3
трихлорэтилен	4	3

Оксид углерода очень ядовит. При вдыхании вместе с воздухом может вызывать кислородное голодание, вызывает спазмы сосудов, головную боль, потерю сознания. Чрезвычайная ядовитость оксида углерода, отсутствие у него цвета и запаха делают этот газ особенно опасным.

Аммиак очень токсичен. При больших концентрациях возникает раздражение слизистой глаз, и верхних дыхательных путей, может возникнуть их химический ожог, возможна остановка дыхания. Аммиак способен поражать жизненно важные центры. Хроническое воздействие аммиака приводит к вегетативным расстройствам, повышению возбудимости парасимпатического отдела нервной системы, жалобы на слабость, недомогание, насморк, кашель, боли в груди.

Бензол окружает человека в основном в виде ядовитых испарений, главный путь его попадания в организм – через органы дыхания. Однако он настолько токсичен, что может проникать и через открытые раны, и даже через неповрежденную кожу. При регулярном попадании малых доз бензола в организм могут развиться лейкемия (рак крови) или анемия (недостаток гемоглобина в крови), нарушение функции костного мозга, частые головокружения, общая слабость, нарушения сна. Также хроническое отравление бензолом оказывает негативное влияние на почки, печень, кости, кровеносную и нервную системы.

Толуол (метилбензол) – его пары могут проникать через органы дыхания человека, и сквозь его кожный покров, вызывая поражение нервной системы. Симптомы отравления толуолом – нарушения в работе вестибулярного аппарата, а также заторможенность. В ряде случаев поражение нервной системы при отравлении толуолом может стать необратимым.

Трихлорэтилен – оказывает наркотическое и общетоксическое действие, представляет опасность для сердечно-сосудистой и нервной систем, органов дыхания, зрения, обладает кумулятивным эффектом. При продолжительном воздействии на кожу вызывает поражения типа экземоподобных дерматитов и ожогов с пузырьками, сухость, трещины, потерю чувствительности.

В настоящее время для определения оксида углерода, аммиака, бензола, толуола, трихлорэтилена в атмосферном воздухе используются методики, предоставленные в табл. 2.

Как видно из табл. 2 для определения указанных компонентов в основном используется хроматографический метод измерения. Таким образом, применение метода инфракрасной (ИК)-спектрометрии для измерения оксида углерода, аммиака, бензола, толуола и трихлорэтилена является новой и актуальной задачей. К тому же, применение метода ИК-спектрометрии позволяет проводить одновременное измерение

указанных компонентов в атмосферном воздухе, учитывая влияние мешающих факторов и взаимное влияние измеряемых компонентов.

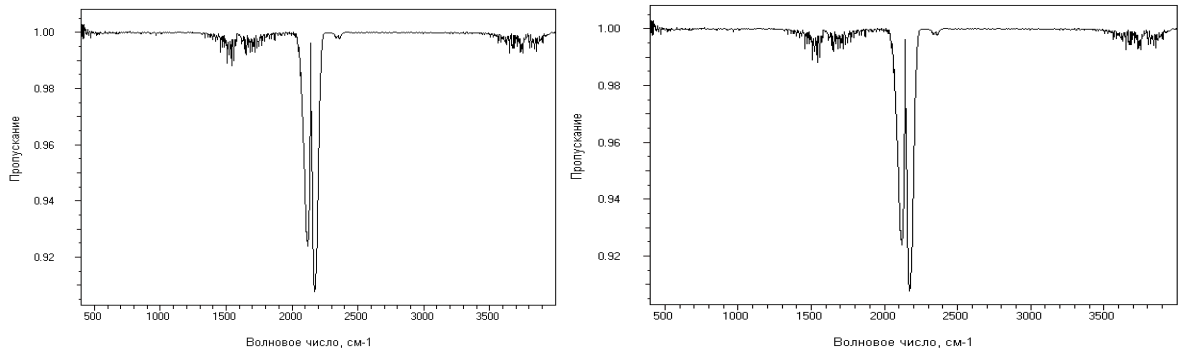
Таблица 2. Методы анализа атмосферного воздуха

Вещество	Методы измерений
оксид углерода	газовая хроматография, электрохимический, оптический (ИК), колориметрический
аммиак	фотометрический, титрометрический, хемилюминесцентный
бензол	газовая хроматография, колориметрический, газожидкостная хроматография, хромато-масс-спектрометрический
толуол	газовая хроматография, хромато-масс-спектрометрический, колориметрический, газожидкостная хроматография
трихлорэтилен	газовая хроматография, газожидкостная хроматография, колориметрический

К явным преимуществам используемого метода ИК-спектрометрии следует также отнести его надежность и быстродействие.

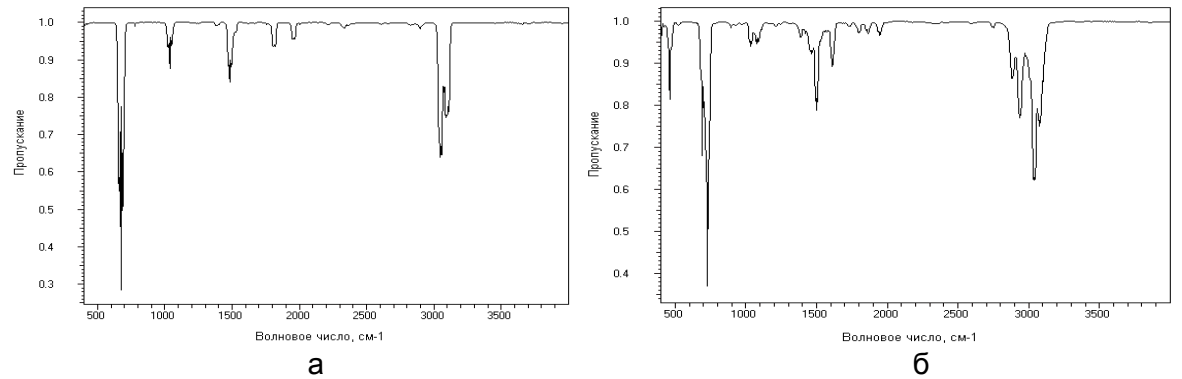
Как сказано выше, при проведении измерений содержания в атмосферном воздухе оксида углерода, аммиака, бензола, толуола и трихлорэтилена методом ИК-спектрометрии, следует учитывать мешающие компоненты. Мешающими, в данном случае, являются те компоненты, которые постоянно присутствуют в атмосферном воздухе, и те, спектральная область поглощения (пропускания) которых перекрывает спектральную область поглощения (пропускания) целевого компонента.

На рис. 1–3 представлены спектры пропускания целевых компонентов в атмосферном воздухе.



а б

Рис. 1. Спектры пропускания: оксида углерода (а) и аммиака (б)



а б

Рис. 2. Спектры пропускания: бензола (а) и толуола (б)

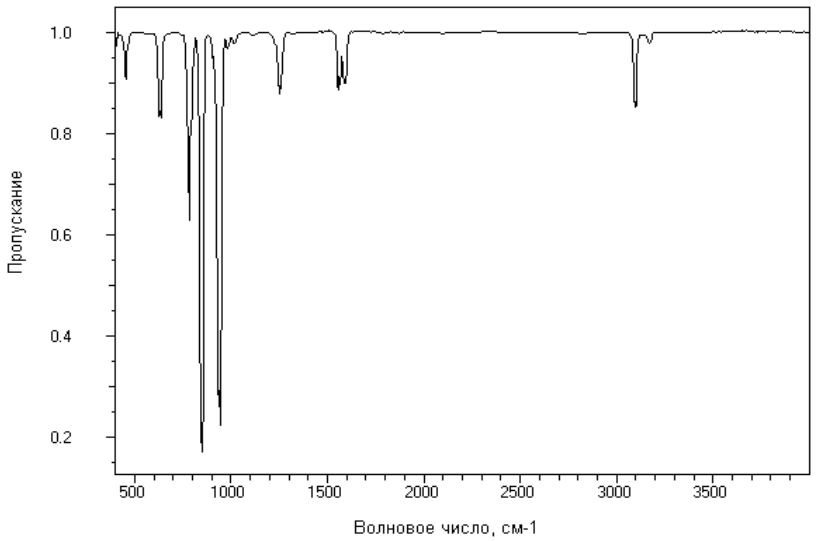


Рис. 3. Спектр пропускания трихлорэтилена

Пример взаимного наложения спектральных областей пропускания компонентов, полученных с помощью программного обеспечения Aspec ИК-Фурье спектрометра, представлен на рис. 4.

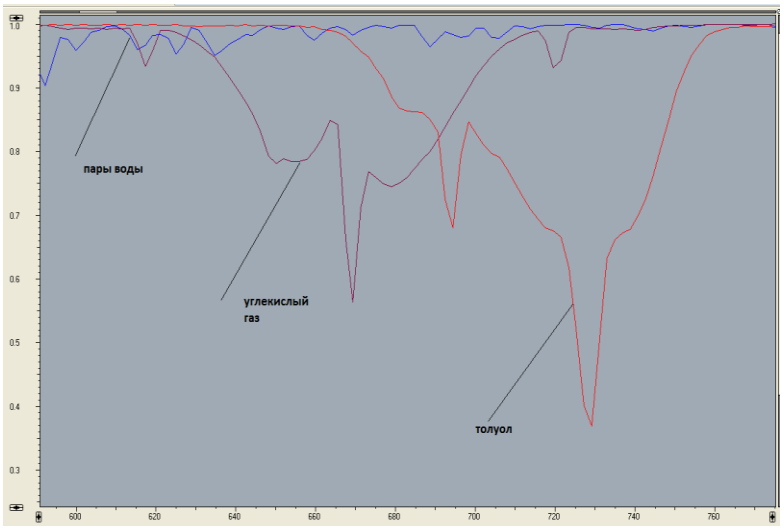


Рис. 4. Спектры пропускания толуола, паров воды и углекислого газа

В качестве основных мешающих компонентов были определены оксид углерода и пары воды.

Для проведения измерений с помощью ИК-Фурье спектрометра необходимо провести работу по построению градуировочных зависимостей, на основе которых будет определяться количественное содержание оксида углерода, бензола, толуола и трихлорэтилена в атмосферном воздухе. Для построения градуировочных зависимостей должны использоваться утвержденного типа стандартные образцы газовых смесей, имеющие необходимые метрологические характеристики.

При построении градуировочных зависимостей реализуются несколько этапов:

1. регистрируются спектры пропускания градуировочных смесей, используя в качестве фонового спектра спектр нулевого газа (азота);
2. дополнительно к спектрам анализируемых компонентов регистрируются спектр пропускания газовой смеси состава диоксид углерода (CO_2)+азот, спектр пропускания паров воды;
3. на основании полученных спектров при помощи программного обеспечения Aspec

проводится их обработка в выбранных спектральных диапазонах – в соответствии с табл. 3.

При проведении измерений молярной доли целевых компонентов в атмосферном воздухе с помощью ИК-спектрометра выполняют определенный порядок действий, в результате получают измеренное значение молярной доли измеряемого компонента в атмосферном воздухе.

Полученные измеренные значения проходят проверку на приемлемость. Также проводят контроль стабильности градуировочных характеристик.

Таблица 3. Обрабатываемые спектральные диапазоны

Измеряемый компонент	Учитываемые компоненты	Спектральный диапазон, $см^{-1}$
Бензол (C_6H_6)	CO_2, H_2O, C_6H_6	669–677
Аммиак (NH_3)	NH_3, C_2HCl_3	915–980
Толуол (C_7H_8)	C_7H_8,CO_2, H_2O,	710–750
Трихлорэтилен (C_2HCl_3)	C_7H_8, CO_2, H_2O,	710–750
Окись углерода (CO)	NH_3, C_2HCl_3	915–980

Порядок и последовательность проводимых действий, необходимых для получения корректных результатов измерений молярной доли оксида углерода, аммиака, бензола, толуола, трихлорэтилена в атмосферном воздухе была разработана в процессе выполнения работы и изложена в документе «ФСМ МИ-1-2013. Методика измерений молярной (объемной) доли оксида углерода, аммиака, бензола, толуола и трихлорэтилена в атмосферном воздухе». Свидетельство об аттестации данной методики измерений № 452/242-(01.00250-2008)-2013 от 06 ноября 2013 года выдано ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева».

В настоящее время измерение содержания оксида углерода, аммиака, бензола, толуола, трихлорэтилена в атмосферном воздухе осуществляется на территории города Магадан с помощью разработанной методики, реализуемой на ИК-Фурье спектрометре, входящем в состав мобильного комплекса экологического и химико-радиологического мониторинга, производства ЗАО «Радиан» г. Саратов.

Литература

1. Якунина И.В., Попов Н.С. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг. Учебное пособие. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2009. – 188 с.
2. Kunzli N., Perez L., Rapp R. and others. Air Quality and Health. – Lausanne, Switzerland: ERS. – 2010. – 72 p.
3. Метрология физико-химических измерений / Под ред. Л.А. Конопелько, М.С. Рожнова. – СПб, 2011. – 580 с.
4. ГОСТ 8.578-2008. Государственная поверочная схема для средств измерений содержания компонентов в газовых средах. – Введ. 01.03.2009. – М.: Стандартинформ, 2009. – 12 с.

Белякова Светлана Юрьевна
Год рождения: 1991
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевых технологий, кафедра химии и молекулярной биологии, группа № и6368
Направление подготовки: 260200 – Продукты питания животного происхождения
e-mail: Belyakova SY@gmail.com

УДК 637.146

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ С НАПОЛНИТЕЛЯМИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

С.Ю. Белякова
Научный руководитель – д.т.н., профессор Л.В. Красникова

Работа выполнена в рамках научно-исследовательской работы по разработке комбинированного кисломолочного продукта на основе молока, модифицированного зерновыми культурами.

Значительную часть населения России составляют школьники. Рациональное питание этой возрастной группы является одним из ведущих условий их правильного и гармоничного развития. Характерными чертами образа жизни современных детей и подростков являются снижение двигательной активности, сокращение продолжительности сна, увеличение нервно-эмоционального напряжения, состояние стресса, связанное с постоянным увеличением умственной и психоэмоциональной нагрузок. Такая ситуация определяет повышенную физиологическую потребность в незаменимых макро- и микронутриентах, которые поступают в организм с продуктами питания и недостаток которых при любом увеличении нагрузки приводит к различным заболеваниям [1]. Продукты на основе растительных компонентов восполняют дефицит жизненно необходимых питательных веществ, выступают в качестве эффективного инструмента профилактики распространенных алиментарнозависимых заболеваний [2]. В связи с вышесказанным, **целью данной работы** явилась разработка и создание технологии функциональных кисломолочных продуктов (КМП) для питания школьников, в котором в качестве пробиотических культур использовался штамм ацидофильной палочки L. acidophilus 5e и термофильного стрептококка S. thermophilus M, в качестве пребиотика – лактитол, в качестве наполнителей растительного происхождения – нутовая или чечевичная мука, а в качестве вкусового наполнителя – клюквенное варенье.

Нут выгодно отличается от других бобовых более высоким содержанием большинства минеральных элементов, его витаминный состав приближается к сое [4]. Полезные свойства нута включают в себя почти всю таблицу Менделеева, он содержит необходимый организму селен, который необходим для стабилизации процесса кроветворения в организме, ингибирования злокачественных образований в нем. Нут является хорошим источником лецитина, рибофлавина (B_2), тиамина (B_1), никотиновой и пантотеновой кислот, холина. Добавление нутовой муки повышает питательность, вкусовые качества и биологическую ценность продуктов [3].

В бобах чечевицы и самой муке практически нет жиров, массовая доля белков составляет более 30%. Чечевичная мука богата витаминами, макро- и микроэлементами, является хорошим источником витаминов группы В, β-каротина и витамина РР. В прорастающих семенах содержится витамин С. Среди основных

элементов этого растения можно выделить железо, по содержанию которого чечевице нет равных. Мука укрепляет иммунитет, нормализует обмен веществ, понижает уровень глюкозы в крови, способствует укреплению сердечнососудистой системы [4].

В настоящей работе для ферментации молочно-растительной смеси была подобрана ассоциация штаммов пробиотических молочнокислых бактерий, следующего состава: Lactobacillusacidophilus 5e, обладающая высокой антагонистической активностью и Streptococcusthermophilus M в соотношении 1:2. В качестве пребиотика нами был выбран лактитол.

Для приготовления синбиотического КМП закваску готовили на стерилизованном, обезжиренном молоке. Муку прогревали при температуре 120°С в течение 1 ч с целью снижения количества посторонних микроорганизмов. Молоко пастеризовали при температуре 85±2°С с выдержкой 25 с и охлаждали до температуры 37°С. Далее вносили 5% закваски и муку в количестве 0,8, 1,6, 2,4 и 3,2%. Ферментация велась в течение 4–5 ч при оптимальной для лактобацилл температуре (37±1°С).

После сквашивания образцы оценивали органолептически. В целом, наилучшие органолептические показатели были отмечены у образцов с содержанием нутовой и чечевичной муки 1,6%. Клюквенное варенье вносили в образцы в количестве 10, 20, 25 и 30%. Лучшие вкусовые показатели имел образец с добавлением клюквенного варенья в продукт в количестве 20%.

На протяжении всего процесса ферментации контролировали скорость накопления молочной кислоты, график которой представлен на рис. 1.

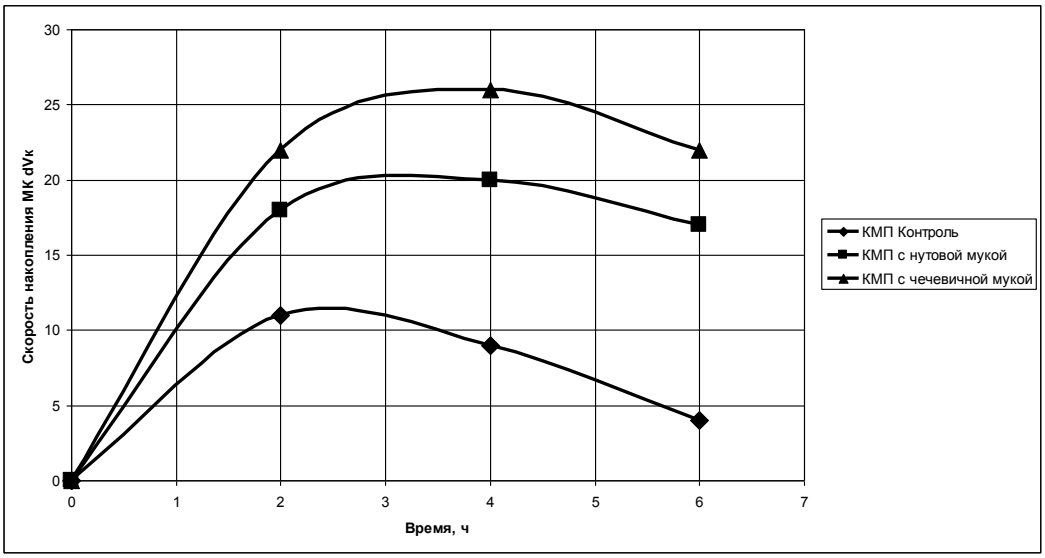


Рис. 1. Скорость накопления молочной кислоты при ферментации молока и молочно-растительной смеси

Из рисунка следует, что добавление муки повышает кислотообразующую активность молочнокислых бактерий и приводит, соответственно, к сокращению времени свертывания молока.

Добавление нутовой и чечевичной муки в молоко незначительно повышает содержание редуцирующих сахаров. Данные по этому исследованию представлены на рис. 2. Расход редуцирующих сахаров значительно выше в случае добавления нутовой или чечевичной муки, по сравнению с контрольным образцом, что можно объяснить привнесением с мукой необходимых для молочнокислых бактерий макро- и микроэлементов, увеличивающих их ферментативную активность.

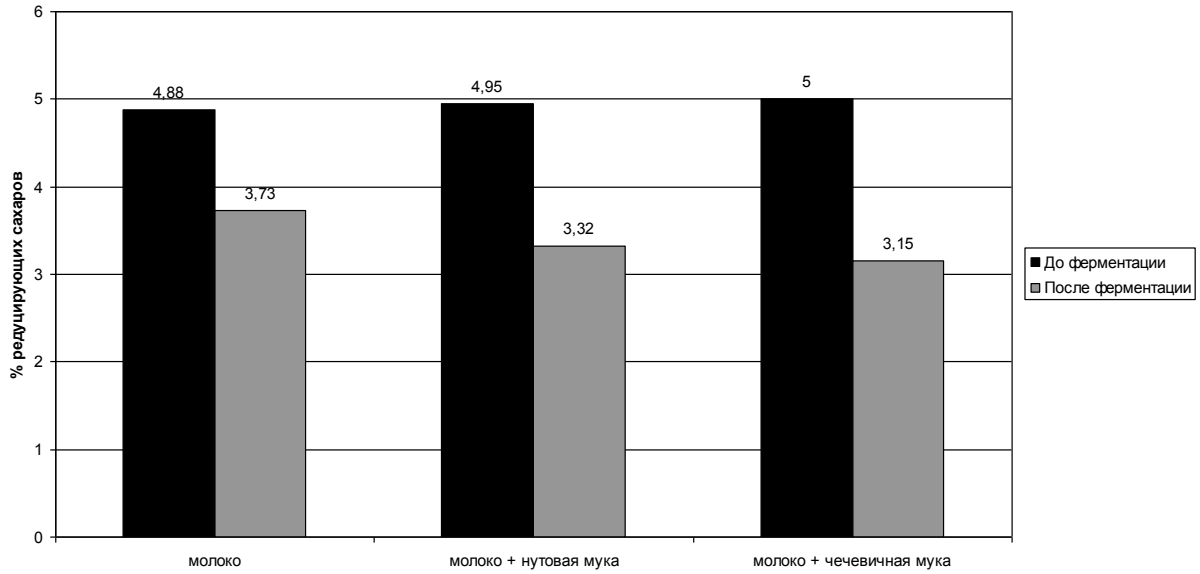


Рис. 2. Содержание редуцирующих сахаров в молоке и молочно-растительной среде до и после ферментации

Было проведено исследование показателей готовых продуктов в процессе хранения. На основании полученных органолептических, физико-химических и микробиологических данных установлено, что ориентировочный срок годности опытных образцов составляет 7 суток.

Таким образом, готовый кисломолочный продукт можно отнести к функциональным продуктам, поскольку он содержит пробиотические культуры L. acodophilusиS. thermophilus, пребиотик лактитол, наполнители растительного происхождения – чечевичную и нутовую муку, и ягодное пюре, которое не только улучшает вкусовые характеристики, но и повышает его биологическую ценность.

Литература

1. Артюхова С.И., Гаврилова Ю.А. Использование пробиотиков и пребиотиков в биотехнологии производства биопродуктов. Монография. – Омск. Изд-во ОМГТУ, 2010. – 112 с.
2. Антипова Л.В., Аникеева Н.В. Исследование фракционного состава белков нута в аспекте получения белкового изолята // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 5. – С. 13–15.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.liveinternet.ru/users/3140201/post273536651, своб.
4. Покровский А.А. Химический состав пищевых продуктов. – М.: Бизнес-пресса, 2008. – 120 с.

Березин Денис Сергеевич
Год рождения: 1990
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра информационных систем, группа № 6520
Направление подготовки: 080500 – Бизнес-информатика
e-mail: deniskaber@mail.ru

УДК 004.414+004.418

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОТЧЕТНОСТИ КОМПАНИЙ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ КОНТРАГЕНТАМ

Д.С. Березин
Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.Ф. Гусарова

В работе была произведена автоматизация прикладного бизнес-процесса предоставления аналитической отчетности компаний розничной торговли контрагентам с помощью проектирования и внедрения соответствующей информационной системы (ИС), что позволило добиться снижения трудозатрат и количества ошибок при функционировании процесса.

Прикладной бизнес-процесс предоставления аналитической отчетности является важной частью сотрудничества между торговой сетью и ее контрагентами. На основе получаемых данных поставщики и производители анализируют ситуацию на рынке и планируют свою стратегию по определению необходимого количества производства и поставки товаров.

Согласно экспертам, в Европе внимание к передаче аналитических данных контрагентам торговыми сетями начало уделяться только с 2010 года, и совсем недавно эта практика пришла в Россию. Таким образом, задача автоматизации исследуемого в работе процесса является актуальной практической задачей.

Основной **целью работы** стало проектирование соответствующей ИС автоматизации предоставления аналитической отчетности. В качестве базового объекта автоматизации была выбрана торговая сеть товаров для детей «Кораблик».

В ходе выполнения исследования были выполнены следующие этапы:

1. исследование предметной области и руководящих документов;
2. предпроектное обследование объекта автоматизации;
3. обзор и анализ возможных средств автоматизации;
4. проектирование архитектуры автоматизированной информационной системы (АИС);
5. изучение возможности применения созданной модели архитектуры в других торговых сетях.

В первой части работы была рассмотрена история развития процесса предоставления аналитической отчетности компаний розничной торговли контрагентам за границей. Актуальность направления исследования была подтверждена на основе анализа современных зарубежных научных публикаций по данной теме, а также статистикой устойчивого роста уровня распространенности передачи данных от торговых сетей. В результате поиска и изучения руководящих документов поддержки бизнес-процесса в России был сформирован вывод о том, что нормативная база только создается. Таким образом, на текущий момент бизнес-процесс регулируется исключительно внутренней договоренностью между компаниями.

В начале этапа предпроектного обследования была описана исходная концепция системы автоматизации со слов заказчика. Специфика автоматизации заключается в том, что помимо оптимизации функционирования основного процесса формирования отчетности для контрагентов, заказчиком выдвигаются требования по предоставлению пользователям средств для анализа этой отчетности, в частности, необходимость создания интерфейса самостоятельной конфигурации представления отчетности конечными пользователями. В рамках выполнения этого этапа была сформирована организационная структура предприятия, определены ключевые пользователи проектируемой системы автоматизации и ранее внедренные в компании программные продукты.

Компания «Кораблик» является торговой сетью из более чем 100 магазинов в Москве и Московской области, которая занимается продажей товаров для детей в возрасте до 7 лет. Число уникальных номенклатурных единиц, участвовавших в продажах компании за 2013 г., составляет 27 тысяч позиций. Количество поставщиков и производителей, с которыми предприятие сотрудничало в 2013 г., насчитывает 270 организаций. В компании используется отраслевое решение «КОРУС|Ритейл» на базе корпоративной ИС планирования ресурсов предприятия Microsoft Dynamics AX с использованием файловой системы управления базами данных (СУБД) Microsoft SQL Server 2008R2 и интегрированного корпоративного веб-портала Microsoft SharePoint. Microsoft SQL Server лицензирован по количеству ядер и не требует приобретения отдельных лицензий для обеспечения подключения дополнительных пользователей к СУБД.

В результате проведения обследования объекта автоматизации было составлено описание бизнес-процессов объекта автоматизации как есть, которое представлено в виде комплекта диаграмм в нотации IDEF.

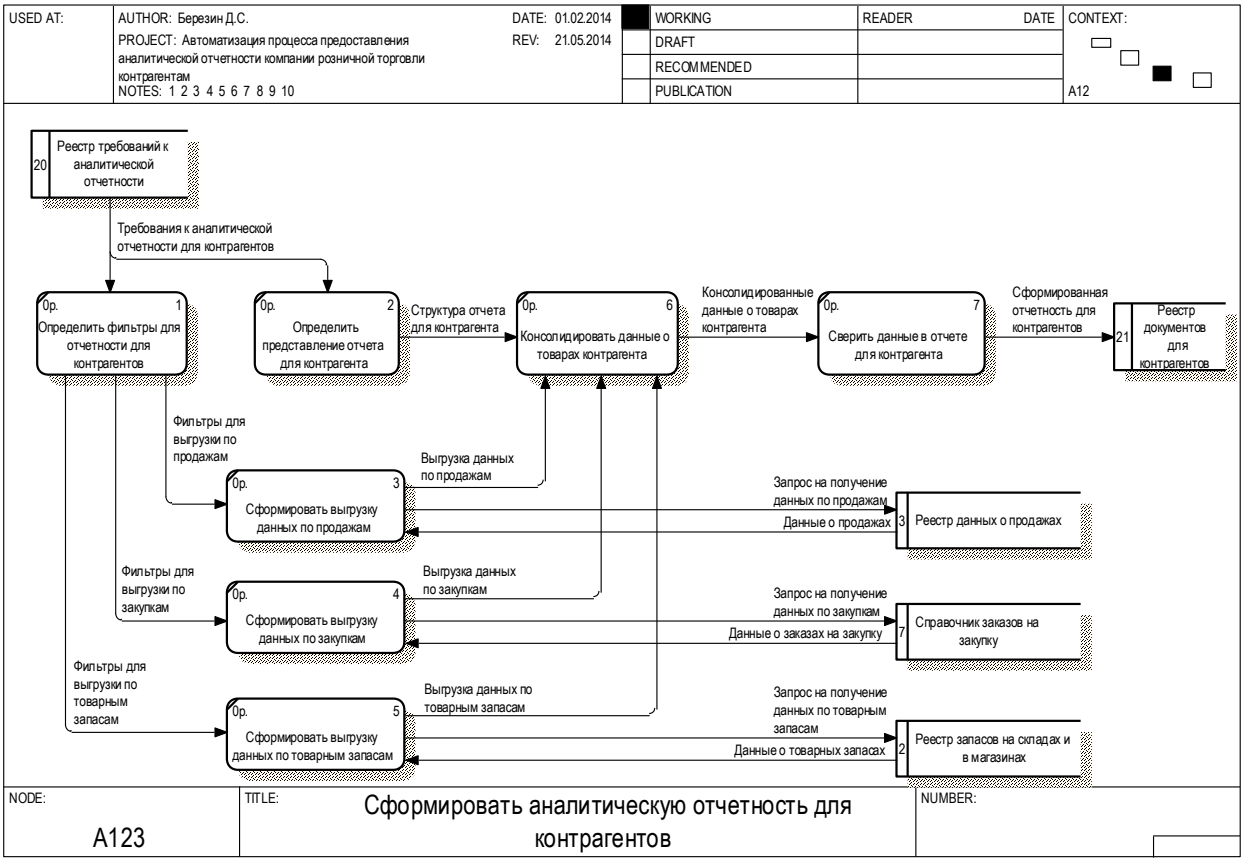


Рис. 2. Диаграмма потоков данных A123 «Сформировать аналитическую отчетность для контрагентов»

До автоматизации подготовка отчетов для контрагентов выполнялась вручную специалистами по отчетности IT-департамента компании на основе выгрузки данных из реестров учетной системы по продажам, закупкам и торговым запасам. Далее эти данные консолидировались в Excel и отправлялись менеджерам по связям с контрагентами, которые осуществляли дополнительную проверку отчетности. Если отчет признавался корректным – он архивировался и высылался контрагентам по почте. В противном случае процесс формирования отчета начинался сначала.

В результате анализа функционирования процесса был сформирован список проблем, решение которых возможно средствами автоматизации:

- ручное формирование и отправка отчетности;
- отсутствие автоматизированных механизмов проверки корректности консолидации данных;
- отсутствие статистики по работе контрагента с отчетностью;
- отсутствие у контрагентов доступа к анализу наиболее актуальных данных.

Обобщая результаты работы, отметим следующее.

Агрегация и консолидация необходимых данных каждый раз требовала больших трудозатрат, а в результате процесса формирования отчетности могли возникнуть ошибки, связанные с несоответствием отчетов определенной в договоренности между компаниями структуре или несвоевременной подготовкой отчетов.

Далее в исследовании описан выбор платформы реализации проектируемой ИС ИС. Согласно современным мировым практикам, процесс предоставления аналитической отчетности компаний розничной торговли контрагентам обычно организуется следующими способами:

1. организация передачи данных на основе стандартов EDI;
2. передача вручную посредством файлов с данными (текстовые файлы, Excel и др.);
3. поддержка веб-портала для контрагентов.

Первые два варианта не позволяют удовлетворить требования к проектируемой системе по предоставлению пользователям возможности настройки представления отчетов. В то же время, поддержка веб-портала является наиболее популярным и быстро распространяющимся способом. Именно этот способ выбран для решения задачи автоматизации, поставленной в работе.

В качестве существующих программных продуктов были рассмотрены следующие платформы:

- Microsoft SQL Server Reporting Services;
- QlikView.

В качестве предлагаемых библиотек готовых компонентов для разработки нового продукта были рассмотрены:

- YUI Library;
- ExtJS;
- Kendo UI;
- Dojo.

В условиях максимальных ресурсных ограничений, для решения поставленной задачи автоматизации в соответствии с выдвигаемыми к системе требованиями, из всех предложенных вариантов заказчиком была выбрана разработка веб-портала на основе современной версии библиотеки готовых компонентов Sencha ExtJS 4.2.

Дальнейшим этапом работы стало проектирование ИС автоматизации. Концептуальная архитектура системы представлена в виде контекстной диаграммы потоков данных в нотации DFD, диаграммы вариантов использования, а также диаграммы деятельности на языке UML. Системная архитектура представлена в виде диаграмм компонентов и развертывания на языке UML.

При определении совокупности компонентов системы были рассмотрены варианты организации хранения данных как внутри СУБД ERP-системы объекта автоматизации, так и создание отдельной СУБД для поддержки работы веб-портала. Были рассмотрены преимущества и недостатки каждого из подходов. Для обеспечения максимального уровня производительности формирования отчетности по запросам контрагентов и минимизации дополнительной нагрузки на ERP-систему было принято решение об использовании отдельной СУБД для хранения данных в проектируемой системе автоматизации.

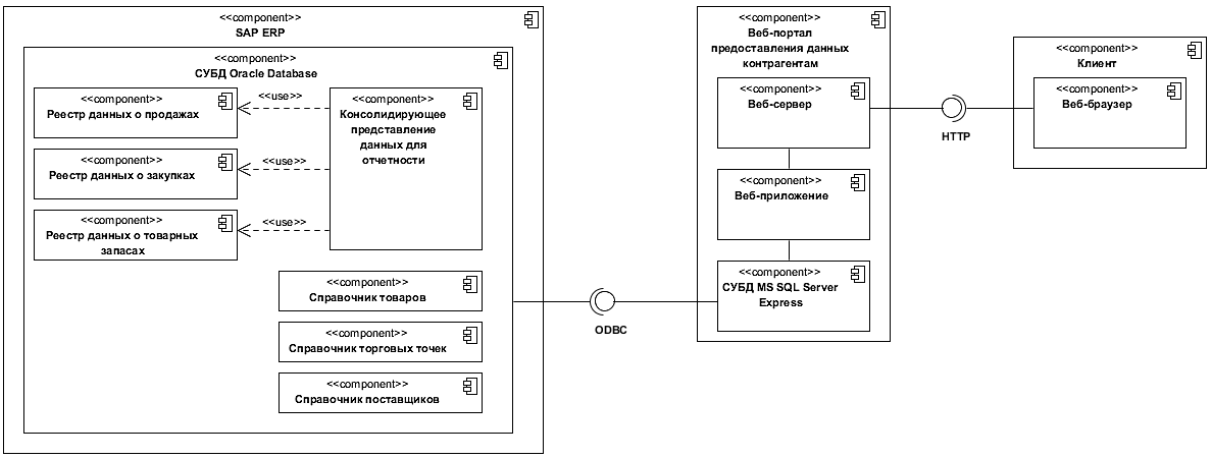


Рис. 3. Диаграмма компонентов проектируемой АИС

Архитектура данных системы представлена в виде ER-диаграммы данных и полной атрибутивной моделью данных на логическом уровне в нотации IDEF1X. Результаты этапа проектирования системы оформлены в виде технического задания на разработку.

Дополнительно в работе описан процесс интеграции данных объекта автоматизации в систему. Раз в сутки данные по продажам, закупкам и товарным запасам консолидируются и загружаются в базу данных спроектированной ИС автоматизации. Помимо фактических данных об основной деятельности торговой сети, в базу данных загружаются полные справочники компании по товарам, торговым точкам и поставщикам. Для получения сформированного отчета была разработана хранимая процедура на языке Transact SQL с использованием приемов динамического составления запросов.

Процесс интеграции затронут в работе для изучения возможности адаптации спроектированной системы при использовании в другой торговой сети. В качестве примера был рассмотрен проект внедрения веб-портала автоматизации в компанию «Улыбка Радуги» – торговую сеть по продаже косметики, парфюмерии и бытовой химии. В компании используется ERP-система на базе платформы SAP ERP с использованием СУБД Oracle Database.

В результате выполнения проекта было выяснено, что с точки зрения архитектуры системы изменились только модель данных отчетности для контрагентов и источник исходных данных для отчетности.

Обновленная модель архитектуры веб-портала для торговой сети «Улыбка Радуги» представлена в виде диаграммы компонентов на языке UML, а также логической моделью данных в нотации IDEF1X.

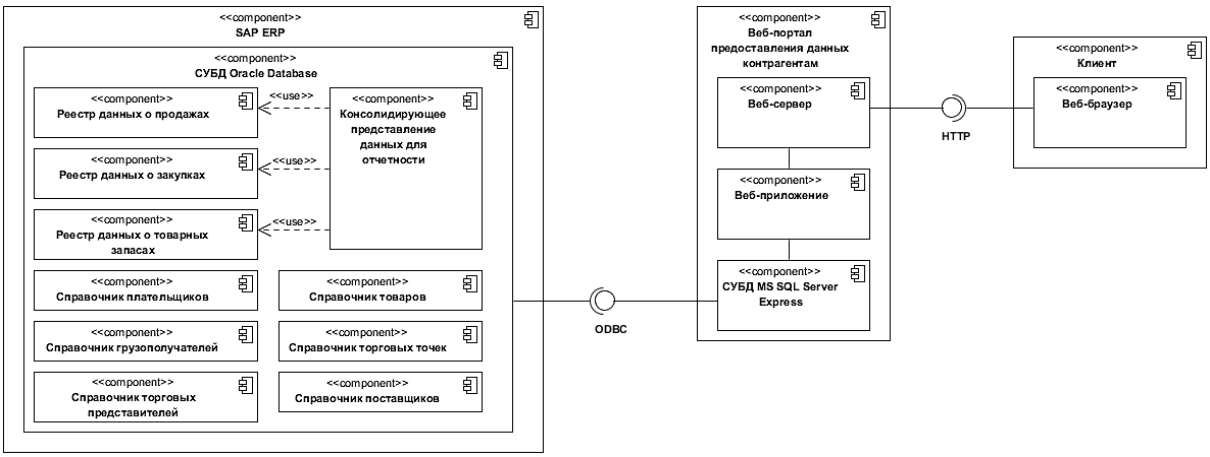


Рис. 4. Диаграмма компонентов проектируемой ИС, адаптированная для компании «Улыбка Радуги»

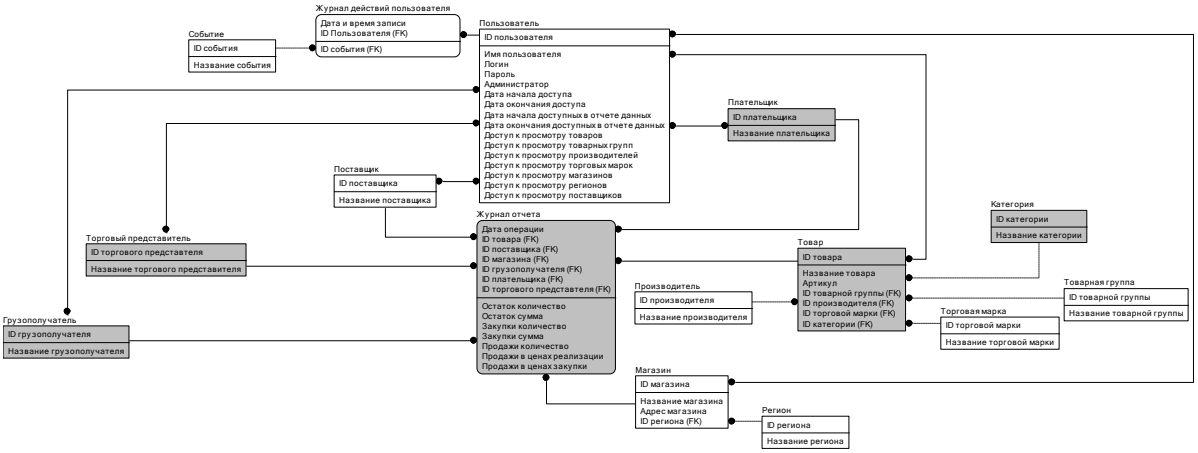


Рис. 5. Полная атрибутивная модель данных ИС на логическом уровне, адаптированная для компании «Улыбка Радуги»

Подводя итоги, можно сказать, что в результате выполнения работы была произведена автоматизация процесса предоставления аналитической отчетности компаний розничной торговли контрагентам. Для этого была спроектирована соответствующая ИС, учитывающая современные мировые практики автоматизации изученного процесса и легко трансформируемая под нужды конкретной торговой сети.

Результаты этапа проектирования оформлены в виде технического задания на разработку веб-портала, предоставляющего инструменты самостоятельного конфигурирования отчетов конечными пользователями, а также возможности по визуализации и экспорту данных.

На основе разработанной модели архитектуры были разработаны и успешно внедрены информационные системы в компании «Кораблик», «Улыбка Радуги» и «Ассоциация независимых аптек АСНА», где позволила снизить трудозатраты и количество ошибок при формировании отчетов, а также повысила эффективность взаимодействия с контрагентами.

Литература

1. Retailer/supplier data sharing / Обсуждение в группе PEX Russia: Process Excellence Russia&CIS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.linkedin.com/groups/Retailer-supplier-data-sharing-4820847.S.225651935, своб.

2. Retailer/Supplier Shared Data Study 2013 / Consumer Goods Technology News [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://consumergoods. edgl.com/research/2013-Retailer/Supplier-Shared-Data-Study88196, своб.
3. Химонин Ю.И. Сбор и анализ требований к программному продукту. – М.: Project Management Institute, 2009. – 51 с.
4. Трутнев Д.Р. Архитектуры информационных систем. Основы проектирования: Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 66 с.

Беркутов Игорь Владимирович
Год рождения: 1990
Факультет точной механики и технологий,
кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии, группа № 6664
Направление подготовки: 160400 – Ракетные комплексы и космонавтика
e-mail: chigivara56712@mail.ru

УДК 620.192

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО МЕТОДА ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ СВАРКОЙ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

И.В. Беркутов
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.В. Федоров

Особенности геополитического положения Российской Федерации, все более активное использование результатов космической деятельности для решения задач социально-экономического и инновационного развития, обеспечения обороноспособности и безопасности страны объективно требуют эффективного использования национального космического потенциала. Обеспечение эффективности применения и надежности ракетно-космической техники невозможно без разработки и создания новых технологий ее изготовления, например, новый способ получения неразъемных соединений – сварка трением с перемешиванием. Вместе с тем остается нерешенным вопрос контроля качества сварных соединений, а именно обнаружение дефектов типа «непровар» в корне сварного шва, наличие которых может существенным образом сказаться на надежности сварного соединения и изделия в целом.

В связи с этим следует обратить внимание, что решение задач неразрушающего контроля (НК) таких швов и повышение надежности изделия ввиду их высокой ответственности и высокой стоимости ракеты-носителя имеют особую актуальность.

В работе решается задача повышения достоверности контроля качества сварных соединений на основе применения ультразвукового метода для обнаружения дефекта типа «непровар» в сварном соединении, получаемом сваркой трением с перемешиванием.

Проблемная ситуация заключалась в противоречии между необходимостью обеспечения контроля качества сварного соединения, получаемого сваркой трением с перемешиванием, а именно обнаружения дефектов типа «непровар в корне сварного шва» с раскрытием от 2 мкм и глубиной от 100 мкм и выше – с одной стороны, и отсутствием технических средств и недостаточной проработкой методики решения

подобной задачи на основе использования современных методов дефектоскопии – с другой. Научная задача, решаемая в работе, была сформулирована следующим образом – исследование применения ультразвукового метода для контроля качества сварных соединений, полученных фрикционной сваркой.

В процессе решения частных задач исследования был произведен анализ технологии сварки трением с перемешиванием и типовых дефектов, возникающих в сварных соединениях бака.

Основными преимуществами сварки трением с перемешиванием являются:

- высокая прочность сварного шва;
- отсутствие необходимости в присадочной проволоке;
- малый расход энергии [1];
- отсутствие пористости;
- отсутствие особых требований к процессу сварки;
- отсутствие необходимости в механической обработке после сварки;
- практически полное отсутствие коробления и термических деформаций [2, 3];
- уменьшение производственного цикла на 50–75% по сравнению с обычными способами сварки [4];
- отсутствие подготовки кромок под сварку и обработки шва после нее [5];
- уменьшение массы изделия.

Высокий уровень качества и прочностных характеристик сварных соединений позволил применить данную сварку для изготовления топливных баков ракето-носителя «Ангара».

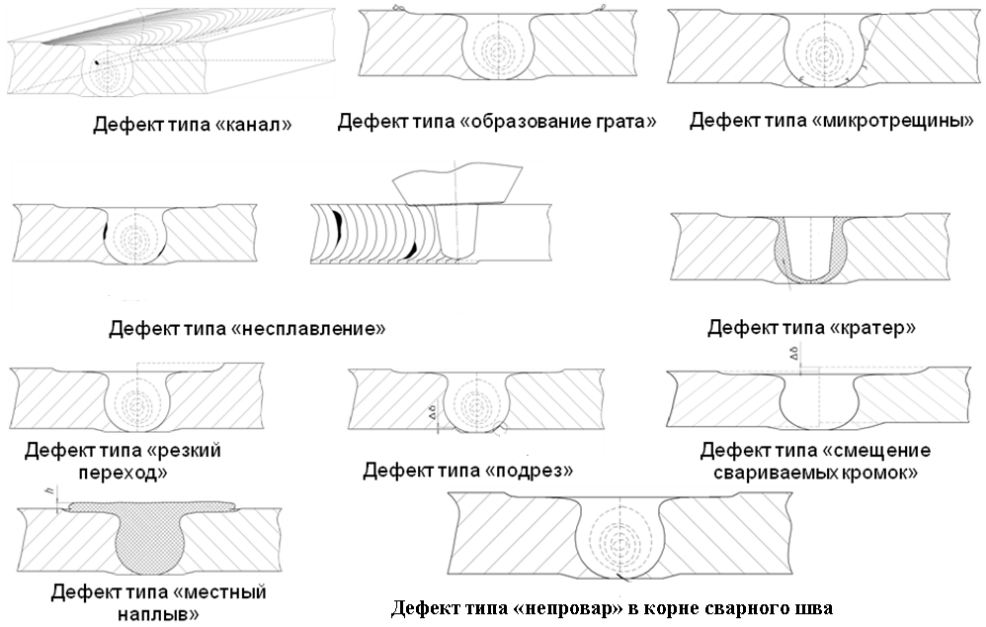


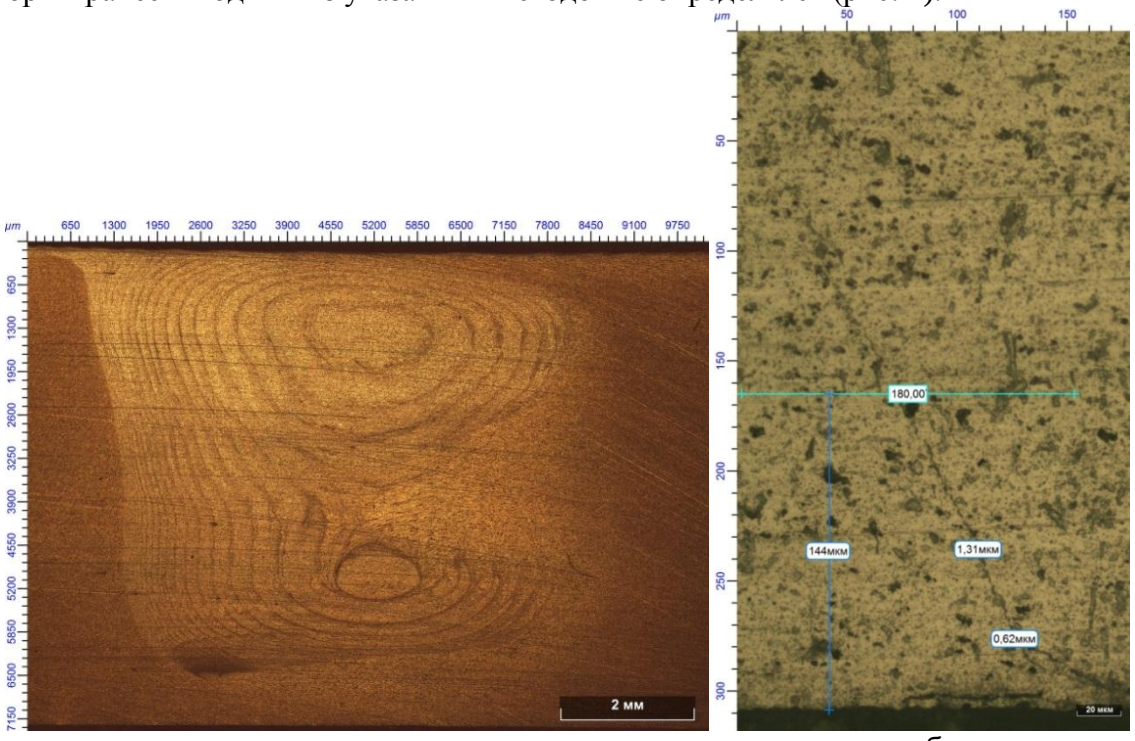
Рис. 1. Дефекты, возникающие в сварных соединениях бака, полученных сваркой трением с перемешиванием

Но, несмотря на все преимущества сварки трением с перемешиванием, при нарушении требований к подготовке поверхности деталей и сборке, выбору инструмента, а также технологии и режимов сварки в сварном шве могут образовываться различные дефекты [6] типа канал, несплавление, подрез, кратер, образование грата, микротрещины (рис. 1), для обнаружения которых применяются следующие методы НК:

- визуальный и измерительный контроль;
- капиллярный метод;

- магнитопорошковый метод;
- вихретоковый метод;
- акустикоэмиссионный метод;
- радиационный контроль;
- ультразвуковой контроль (УЗК).

Особого внимания заслуживает дефект типа «непровар» в корне сварного шва в виде «С»-образной кривой с раскрытием от 0,5 мкм и глубиной от 50 мкм и выше, который ранее ни одним из указанных методов не определялся (рис. 2).



а б

Рис. 2. Дефект типа «непровар» в корне сварного шва в виде «С»-образной кривой, увеличение 50× (а), увеличение 500× (б)

На основе анализа методов и средств НК для дефектоскопии сварных соединений, полученных сваркой трением с перемешиванием, было решено дальнейшие исследования проводить в области акустических (ультразвуковых) методов. Была определена необходимость разработки специальных средств и методик НК качества сварных швов, которые бы учитывали особенности объекта контроля и возникающих в нем дефектов.

Для выявления дефектов со слабой отражающей способностью и поперечным размером менее 1 мм в пластинах была предложена схема прозвучивания, представленная на рис. 3, заключающаяся в использовании в качестве базовых зондирующих волн (в объекте) нормальных волн или волн Лэмба [7]. Эти волны представляют собой упругие возмущения, распространяющиеся в пластине со свободными границами, и имеющие смещения, направленные как вдоль направления распространения волны, так и перпендикулярно плоскости пластины, а также поверхностные волны Релея [8], распространяющиеся вдоль поверхности свариваемых материалов со стороны корня шва и поперечные волны. При этом возбуждение поверхностной волны со стороны корня шва осуществляется преобразователем, расположенным с внешней стороны. Именно выбор оптимальных условий для ориентации вектора смещений зондирующей волны и концентрации ее энергии в окрестности зоны ожидаемого дефекта явился необходимым условием достижения максимальной чувствительности контроля.

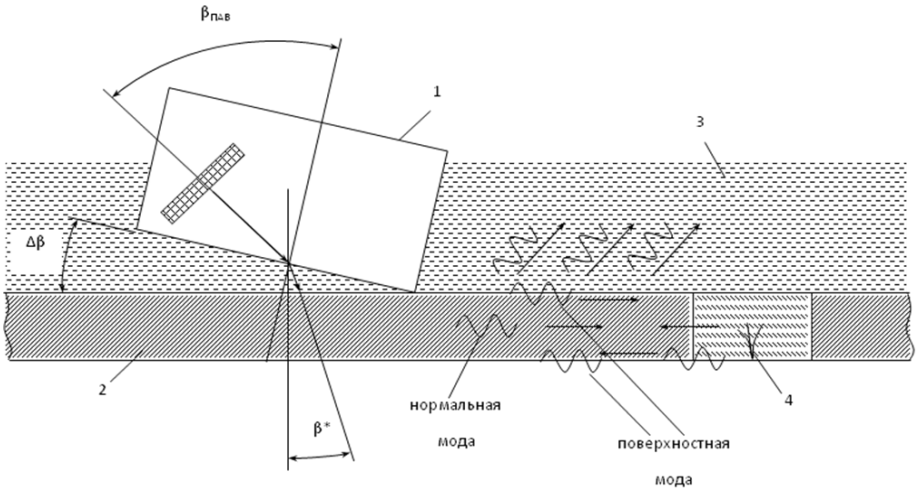


Рис. 3. Схема УЗК качества сварного шва: 1 – ультразвуковой преобразователь; 2 –пластина; 3 – иммерсионная среда; 4 – дефект

В качестве базовой рабочей частоты зондирующего сигнала выбрана частота f=5 МГц и подобран необходимый для генерации указанных мод угол призмы.

Также необходимо отметить, что если организовать тангенциальное смещение в волне не только в вертикальном направлении, но и вдоль сварного шва, удается добиться того, что пучок, проходящий через дефект типа «С»-образной кривой с очень малым раскрытием, меняет в определенной области фазу [9] (рис. 4), что, в свою очередь, также повышает чувствительность и достоверность предложенного метода контроля.

Исходя из вышеизложенного были разработаны и изготовлены преобразователи, обеспечивающие возбуждение поверхностной волны со стороны корня сварного шва, преобразователи поперечных волн в зоне вероятного образования дефектов с различными углами ввода ультразвука и относительным расположением (по отношению к сварному шву). Были разработаны специальные датчики, позволяющие проводить контроль вплотную ко шву на минимальной площадке без использования иммерсионной ванны, что позволяет использовать данные датчики на реальных объектах сложной формы.

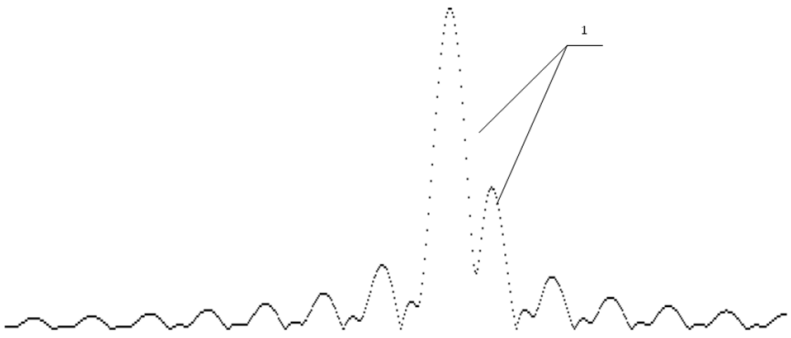


Рис. 4. Расчетная диаграмма направленности пьезопреобразователя при прохождении дефекта сдвигающего фазу на (3/4)π в области, составляющей половину ширины диаграммы направленности: 1 – область раздвоения основного лепестка диаграммы направленности

Решение выше перечисленных задач позволило перейти к экспериментальной апробации разработанного метода НК. Были выполнены сварные швы на плоских образцах из сплава АМг6 толщиной 7,4 мм. При этом в технологии – фрикционной сварки был специально скорректирован параметр, характеризующий глубину погружения сварочного инструмента. Сварочный инструмент был поднят относительно

оптимального положения на 0,1, 0,2, 0,3….0,8 мм. Это должно было, по мнению специалистов, спровоцировать образование в сварном шве непровара определенной глубины. Ультразвуковой контроль осуществлялся эхо-методом при контактном вводе ультразвуковых колебаний с лицевой стороны образца. Далее предоставленные образцы были переданы на разрезку для проведения металлографических исследований согласно согласованным схемам мест разрезки, указанных на образцах.

Таким образом подтвердилось теоретическое предположение о возможности контроля «С»-образной кривой в корне шва. Образцы датчиков показали свою работоспособность, а совпадение порядка 70% результатов УЗК и металлографических исследований говорит о достаточной для начального этапа экспериментальных работ достоверности контроля.

Для повышения достоверности контроля и возможности его применения на предприятии была выполнена разработка УЗК качества сварного соединения получаемого сваркой трением с перемешиванием.

Отличительными особенностями практической реализации данной методики являются:

- отсутствие необходимости специальной подготовки контролируемой поверхности сварного соединения;
- возможность автоматизации контроля;
- простота проведения контроля.

Разработанная методика позволяет:

1. производить контроль сварного шва полученного сваркой трением с перемешиванием;
2. сопоставлять результаты контроля с требованиями конструкторской документации к качеству объекта контроля;
3. сделать заключение о его пригодности для проведения последующих технологических операций или его отбраковки.

При этом следует отметить, что данная методика является результатом определяющим практическую значимость работы.

На заключительном этапе исследования для подтверждения достоверности разработанной технологии необходимо было провести дополнительные исследование сварных швов по разработанной методике в сравнении с последующим их металлографическим анализом.

Были изготовлены сварные швы без дефектов и швы с заложенными дефектами (путем отступления от стандартной технологи сварки). Были выполнены их УЗК, механические испытания на разрыв и изгиб, и металлографические исследования. Результаты представлены в таблице.

Таблица. Результаты УЗК, механических испытаний и металлографического анализа образцов сварных швов

№	УЗК	Мех. испытания на разрыв (усилие разрыва)	Мех. испытания на изгиб (угол при появлении трещины)	Металлографический анализ
057-13,3	Чисто	$\sigma_в$ = 41,4 кгс/мм^2 Соответствует требуемым значениям	Больше 90 град. Соответствует требуемым значениям	Чисто

№	УЗК	Мех. испытания на разрыв (усилие разрыва)	Мех. испытания на изгиб (угол при появлении трещины)	Металлографический анализ
057-17	Сигнал выше порогового значения	$\sigma_в$ = 37,4 кгс/мм^2 Не соответствует требуемым значениям	Меньше 45 град. Не соответствует требуемым значениям	«С»-образная кривая
057-18	Сигнал выше порогового значения	$\sigma_в$ = 33,5 кгс/мм^2 Не соответствует требуемым значениям	Меньше 45 град. Не соответствует требуемым значениям	«С»-образная кривая
057-19	Сигнал выше порогового значения	$\sigma_в$ = 28,8 кгс/мм^2 Не соответствует требуемым значениям	Меньше 45 град. Не соответствует требуемым значениям	«С»-образная кривая
057-20	Сигнал выше порогового значения	$\sigma_в$ = 27,9 кгс/мм^2 Не соответствует требуемым значениям	Меньше 45 град. Не соответствует требуемым значениям	«С»-образная кривая
057-21	Сигнал выше порогового значения	$\sigma_в$ = 27,6 кгс/мм^2 Не соответствует требуемым значениям	Меньше 45 град. Не соответствует требуемым значениям	«С»-образная кривая

Результаты экспериментальных исследований и методика УЗК качества сварных швов, получаемых сваркой трением с перемешиванием, использованы при выполнении ОКР «Разработка и изготовление дефектоскопического оборудования для неразрушающего контроля качества ДСЕ изделий» и ОКР «Проведение технического контроля технологии изготовления сварных конструкций РБ КВТК».

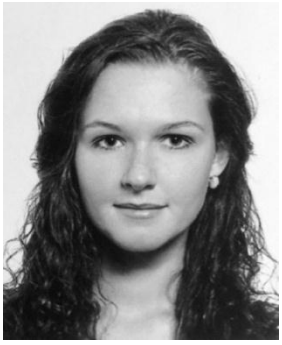
Достоверность полученных результатов подтверждается:

- проверкой новых решений и идей экспериментальными исследованиями;
- сопоставлением результатов эксперимента с применением ультразвукового метода с результатами механических испытаний и металлографического анализа;
- обсуждением основных результатов работы на конгрессах.

В работе представлены анализ технологии сваркой трением с перемешиванием, методов и средств НК качества сварных соединений, обоснование применимости ультразвукового метода, результаты экспериментальных исследований и методика УЗК качества сварных швов получаемых сваркой трением с перемешиванием.

Литература

1. Макаров Э.Л. и др. Моделирование тепловых процессов при фрикционной сварке // Сварка и диагностика. – 2010. – № 3. – С. 21–25.
2. Горелик С.С., Добаткин С.В., Капуткина Л.М. Рекристаллизация металлов и сплавов. – 3-е изд. – М.: МИСИС, 2005. – 432 с.
3. Ерофеев В.А. и др. Расчетно-экспериментальная методика определения деформационных свойств алюминиевых сплавов при фрикционной сварке // Сварка и диагностика. – 2009. – № 2. – С. 6–10.
4. Корневич А.П. и др. Особенности технологии сварки трением с перемешиванием // Заготовительные производства в машиностроении. – 2009. – № 10. – С. 8–17.
5. Фролов В.А. и др. Сварка трением с перемешиванием плюсы и минусы // Сварочное производство. – 2008. – № 10. – С. 12–19.
6. ОСТ 134-1051-2010. Сварка фрикционная. Технические требования к сварным соединениям. – Введ. 01.07.2011. – 26 с.
7. Алешин Н.П., Ермолов М.И. Возбуждение волн Рэлея призматическим преобразователем // Дефектоскопия. – 1991. – № 3. – С. 3–10.
8. Baev A.R., Mayorov A.L., Asadchaya M.V. Features of the ultrasonic waves reflection from inhomogeneous boundary of contacting solids // Proc. of the 10th European Conference on Non-destructive testing. – 2010. – 9 p.
9. Аббакумов К.Е. Рассеивающие свойства неоднородностей металлоизделий в задачах ультразвуковой дефектоскопии: дис. докт. тех. наук: 01.04.06. – 2000.



Борисова Мария Владимировна
Год рождения: 1991
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра информационных систем, группа № 6520
Направление подготовки: 080500 – Бизнес-информатика
e-mail: mari_borisova@mail.ru

УДК 004.5, 004.9

АВТОМАТИЗАЦИЯ ДОКУМЕНТООБОРОТА ДЛЯ КОНКУРСНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ БАНКРОТСТВЕ НА БАЗЕ 1С: «АНАЛИТИКА: ДОКУМЕНТООБОРОТ»

М.В. Борисова
Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.Ф. Гусарова

На данный момент применение информационных технологий при ведении конкурсного производства, да и банкротства в целом, в России развито довольно слабо. Существует лишь небольшое количество программ и систем, которые используются во время проведения конкурсного производства. Все процессы выполняются вручную.

В настоящее время основным нормативным документом, регламентирующим процедуру банкротства, является Федеральный закон «О несостоятельности (банкротстве)» от 26 октября 2002 года № 127-ФЗ. И, несмотря на то, что он достаточно сильно формализует процесс, средство автоматизации, которое могло бы обеспечить поддержку процедуры банкротства, отсутствует. Этим и обуславливается актуальность исследования.

В работе рассматривается способ автоматизации документооборота конкурсного производства при банкротстве. Для этой цели было создано:

- модель документооборота конкурсного производства;
- карточки документов, которые показали жизненный цикл и роли основных документов конкурсного производства;
- логическую модель данных, которая показала взаимосвязь основных документов и их полей;
- формуляры документов, которые представляют собой набор реквизитов и полей документа;
- требования к созданию прикладного решения на базе 1С: «Аналитика: Документооборот» для конкурсного производства.

При построении модели документооборота было выявлено восемь основных стадий конкурсного производства:

- открытие конкурсного производства;
- увольнение работников и руководителя должника;
- формирование конкурсной массы;
- проведение собрания кредиторов;
- оценка имущества должника;
- продажа имущества должника;
- расчеты с кредиторами;
- проведение заключительного собрания кредиторов.

Некоторые из этих стадий имеют подстадии, например, процесс формирования конкурсной массы состоит из рис. 1:

- возврата имущества должника, находящегося у третьих лиц;
- обеспечения сохранности имущества должника;
- взыскания задолженности с третьих лиц;
- инвентаризации имущества;
- документирования конкурсной массы.

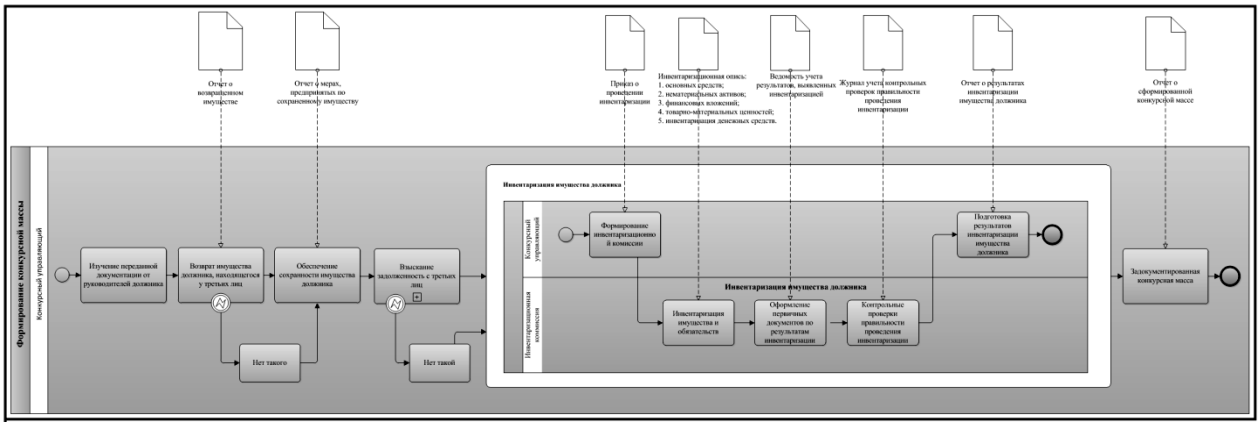


Рис. 1. Формирование конкурсной массы

По завершению стадии конкурсный управляющий составляет «Отчет о сформированной конкурсной массе», который он передаст оценщикам для составления «Отчета об оценке имущества должника».

Таким образом, в диаграмме документооборота удалось показать взаимодействие основных документов конкурсного производства.

На основании модели документооборота и логической модели данных были созданы карточки документов и формуляры документов.

Например, формуляр «Отчета конкурсного управляющего об использовании денежных средств должника» представляет собой готовый «каркас» документа, в который необходимо внести недостающие сведения, а именно:

- категорию, адрес, наименование должника;
- сведения о суде, в производстве которого находится дело о банкротстве;
- информацию о конкурсном управляющем;
- информацию о лицах, привлеченных конкурсным управляющим.

Что касается последней группы полей, то она не обязательна, в связи с тем, что конкурсный управляющий мог и не привлекать никого для обеспечения деятельности. Если у предприятия почти нет имущества и мало кредиторов, то конкурсный управляющий может сам провести всю процедуру без привлечения дополнительных лиц.

Жизненный цикл документа состоит из следующих этапов:

- подготовить информацию для «Отчета конкурсного управляющего об использовании денежных средств должника» (далее «Отчета»);
- отправить запросы в банки и получить выписки со счета должника;
- запросить бухгалтерские отчеты или составить их;
- заполнить формуляр «Отчета»;
- проверить наличие ошибок в «Отчете», в случае обнаружения исправить их;
- подписать «Отчет» или предоставить его на подпись конкурсному управляющему;
- предоставить кредиторам возможность предварительного ознакомления с «Отчетом» до собрания;
- предоставить «Отчет» собранию кредиторов на собрании;
- предоставлять в Арбитражный суд (АС) «Отчет»;
- после предоставления и рассмотрения «Отчета» в суде, помощник судьи подшивает его в дело.

Как видно из жизненного цикла документа, его участниками являются: конкурсный управляющий, Арбитражный суд и помощник конкурсного управляющего, если он есть (рис. 2).

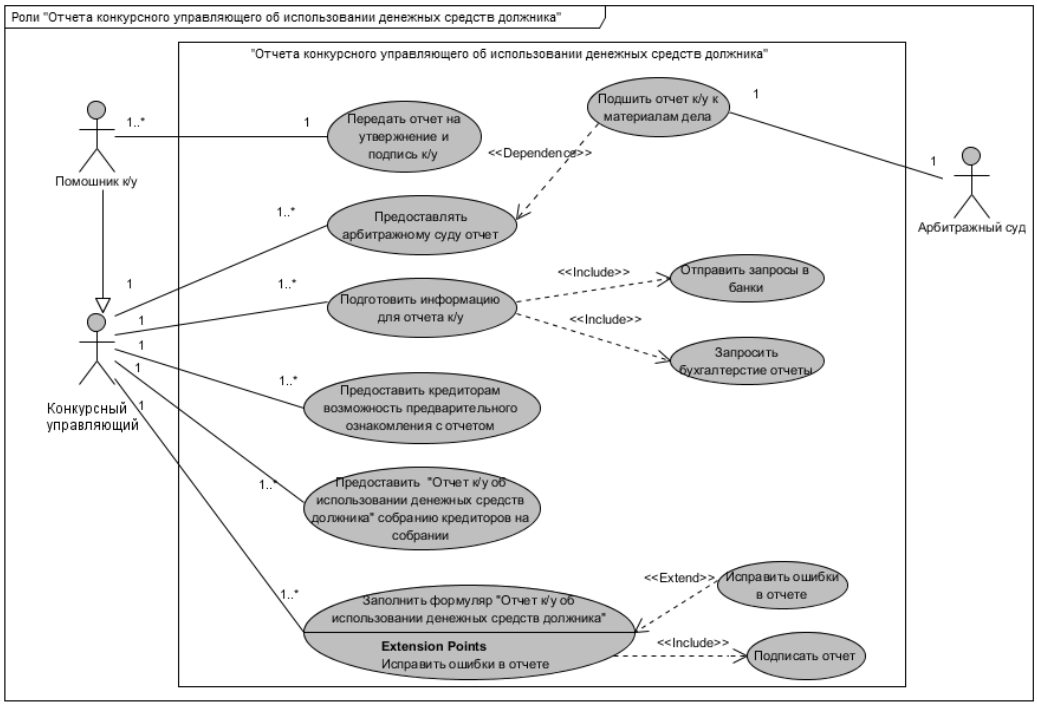


Рис. 2. Роли «Отчета конкурсного управляющего об использовании денежных средств должника»

При создании карточек документов была выявлена общая для всех особенность. Во-первых, все документы конкурсного производства имеют похожий и полный жизненный цикл:

- планирование;
- создание, заполнение документа;
- рецензирование, исправление;
- формально или неформально утверждение;
- распространение или публикация;
- хранение и использование;
- уничтожение документа или передача на постоянное (государственное) хранение.

Во-вторых, во всех жизненных циклах документов участвует конкурсный управляющий, в некоторых АС (он выносит определения) и собрание кредиторов, которое принимает все основные решения.

Таким образом, в ходе выполнения работы удалось выявить типизацию документов по уровню формализации:

1. формализация до полей, т.е. четко определены поля для всего документа и возможные значения в них. Значения полей становятся известны после публикации, решения АС РФ об открытии конкурсного производства и передачи документации бывшим руководителем должника. Они остаются неизменны на протяжении всей процедуры. (Например, документ «Запрос в государственные органы о предоставлении сведений об имуществе должника для проведения инвентаризации»);
2. средняя формализация:
   - сама номенклатура полей определена, а значения для некоторых полей определить заранее невозможно. Например, дата, время и место собрания кредиторов определяется в момент заполнения «Сообщения о проведении собрания кредиторов»;
   - большая часть документа формализована до полей и их возможные значения заранее известны. Часть документа или невозможно формализовать до полей, или поля будут меняться. Значения станут известны после выполнения определенных действий. Например, в «Отчете конкурсного управляющего о своей деятельности» может отсутствовать следующие поля: «Информация о жалобах на действия (бездействие) арбитражного управляющего», «Сведения о привлечении третьих лиц к субсидиарной ответственности». В разделе «Иные сведения о ходе конкурсного производства» количество полей неизвестно, оно будет меняться по мере проведения конкурсного производства;
3. формализация до «шапки» документа, дальнейшая формализация невозможна. Полностью определена только номенклатура «шапки» документа, остальные поля и их значения неизвестны и в каждом новом случае будут уникальны. Их поля станут известны при наступлении определенных событий. Например, в «Ходатайстве об оспаривании сделки» поля и соответственно значения определятся только после того, как конкурсный управляющий обнаружит совершенную сделку, которая нарушает права должника. Из этой сделки и будет «вытекать» вся информация для «Ходатайства».

У арбитражного управляющего вся бухгалтерия введется в 1С: Бухгалтерии 8. Таким образом, логичнее всего использовать для автоматизации документооборота конкурсного производства тоже систему на базе «1С: Предприятие 8».

Были проанализированы системы: 1С: Документооборот 8 и 1С: «Аналитика: Документооборот».

1С: «Аналитики: Документооборот» обладает специальным справочником «Бланки документов документооборота», состоящим из шаблонов. Они представляют мощный инструмент формирования исходящих, внутренних и других документов по предопределенным шаблонам. Шаблоны используются для автоматического построения документов. Таким образом, этот справочник именно то, что необходимо для автоматизации документооборота для конкурсного производства при банкротстве.

На основании стандарта MoReq2010 был выделен список требований к продукту. Из этих требований арбитражный управляющий определил наиболее важные требования. Таким образом, удалось составить полный список функциональных требований к 1С: «Аналитика: Документооборот». Продукт должен:

- осуществлять регистрацию, учет и контроль входящих, исходящих, внутренних документов, ведение номенклатуры дел;
- осуществить поиск документов и шаблонов по реквизитам, по содержанию документов;
- обеспечивать простой и эффективный доступ к документам и к данным о них для всех типов пользователей;
- автоматически обеспечивать архивацию документов после завершения конкурсного производство в отношении предприятия-банкрота;
- производить учет и обработку документов, которые содержатся в архивном хранилище;
- переводить бумажные носители информации в электронный вид с помощью сканирования и распознавания документов, а также поддерживать бумажный документооборот;
- осуществлять управление правами доступа к документам и к самому продукту, а также разграничивать их;
- автоматически создавать документы на основании шаблонов;
- обеспечивать поддержку справочников для заполнения шаблонов и любых других справочников с возможностью добавления новых (без программирования);
- позволять осуществлять обмен документами между должником и конкурсным управляющим (конкурсный управляющий, как правило, работает из своего офиса и по мере необходимости посещает предприятие должника);
- поддерживать формирование отчетности;
- обеспечивать функции контроля исполнения документов (полностью или этапов их жизненного цикла) и функции напоминаний о документах;
- обладать интеграционными возможностями, в частности должен быть интегрирован с «1С: Бухгалтерия»;
- конкурсное производство должно идти строго в соответствии с Федеральным законом «О несостоятельности (банкротстве)», и продукт должен поддерживать его «ветвистость»;
- применение электронно-цифровой подписи (необходимо для продажи предприятия, для взаимодействия с электронной площадкой).

Самое главное требование – это автоматическое создание документов на основании шаблонов.

В справочнике «Бланки документов документооборота» следует добавить шаблоны по стадиям протекания конкурсного производства, чтобы облегчить сотрудникам поиск необходимого шаблона.

Шаблоны должны полностью соответствовать принятым формам документов в организации или унифицированным формам документов, утвержденным министерствами Российской Федерации.

«Администратор системы» при создании нового шаблона документа должен определить набор полей, порядок их расположения в документе и их возможные значения. Возможные значения вносятся в справочник «Теги шаблонов документооборота». Справочники «Теги шаблонов документооборота» представляют собой набор полей справочного типа. В результате, «Пользователю» достаточно будет выбрать из справочника «Теги шаблонов документооборота» нужные значения, ввести недостающую информацию.

В целях защиты шаблона документа от ошибок и некорректной информации и для упрощения его заполнения, каждое поле должно иметь некоторый тип. На основании анализа созданных формуляров можно выделить следующие типы полей по данным, хранящимся в них:

- целые данные – поле для хранения целых чисел;
- вещественное данные – поле для хранения чисел с плавающей запятой (таких данных бывает много в «Отчете конкурсного управляющего об использовании денежных средств должника»);
- дата – поле для хранения даты;
- время – поле для хранения времени;
- строка – поле для хранения символов количеством не более 256 (например, в шапках документов ФИО арбитражного управляющего);
- текст – поле для хранения текста произвольной длины;
- справочник – поле для хранения нескольких значений, одно из которых необходимо выбрать. Например, почти в каждом документе необходимо внести наименование организации должника в полном или сокращенном варианте. Для того чтобы из документа в документ не вводить это значение, «Пользователь» выбирает его из заранее сформированного справочника.

На рис. 3 показано, из каких полей состоит «Отчет» и какие для него необходимо создать справочники в 1С: «Аналитики: Документооборот». Каждому атрибуту в классе «Отчета» присвоен свой ID, который ссылается на справочник, в котором хранятся подполя, их последовательность и возможные значения.

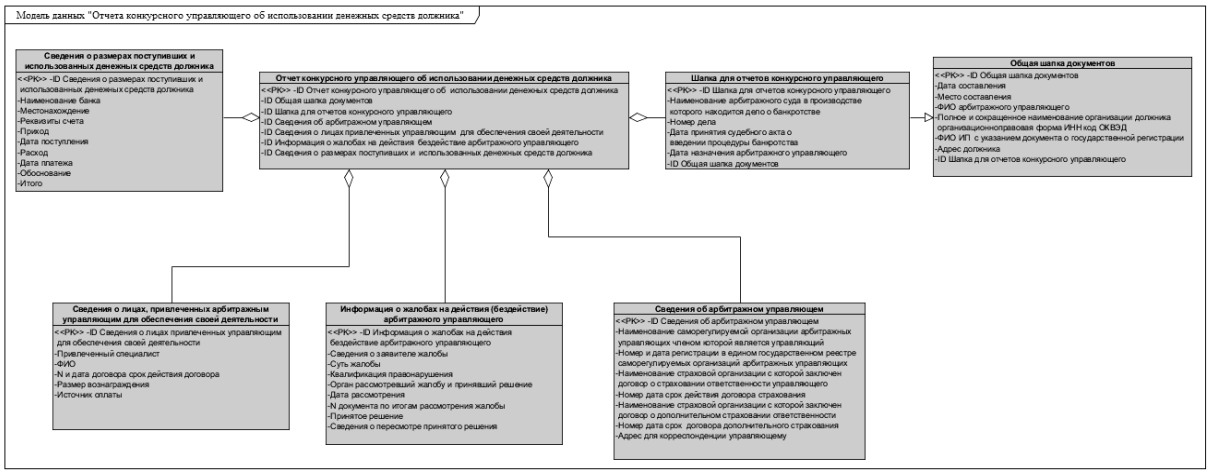


Рис. 3. Справочники для «Отчета»

«Администратор системы» должен следить за актуальностью значений в справочниках, т.е. удалять данные об уже ликвидированных предприятиях и вносить данные о новых организациях, в отношении которых открыто конкурсное производство.

Таким образом, результатом работы является:

- модель прикладного процесса – документооборота для конкурсного производства;

- карточки документов;
- формуляры документов;
- логическая модель данных документооборота конкурсного производства;
- требования к созданию прикладного решения на базе 1С: «Аналитика: Документооборот» для конкурсного производства.

Результаты работы переданы арбитражному управляющему для утверждения. После они будут переданы для доработки 1С: «Аналитики: Документооборот», затем программа будет внедрена в организацию.

Литература

1. О несостоятельности (банкротстве) (ред. от 12.03.2014): Федеральный закон Российской Федерации от 26.10.2002 № 127-ФЗ // Российская газета. – 2002. – № 209–210.
2. Об утверждении Общих правил подготовки отчетов (заключений) арбитражного управляющего: Постановление Правительства РФ от 22 мая 2003 г. № 299 // Российская газета. – 2003. – № 99.
3. MoReq2010 / Все об электронных архивах на ЭлАрхиво.РУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://elarchivo.ru/?page_id=1651, своб.
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 9294-93. Информационная технология. Руководство по управлению документированием программного обеспечения. – Введ. 01.07.1994. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 11 с.
5. ГОСТ Р 7.0.8-2013. СИБИД. Делопроизводство и архивное дело. Термины и определения. – Введ. 01.03.2014. – М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.
6. Вигерс Карл И. Разработка требований к программному обеспечению: Практические приемы сбора требований и управления ими при разработке программного продукта. – М.: ИТД Русская Редакция, 2004. – 576 с.
7. Арлоу Джим. UML 2 и Унифицированный процесс. Практический объектно-ориентированный анализ и проектирование. – 2-е изд. / Пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2007. – 624 с.
8. Карелина С.А. Правовое регулирование несостоятельности (банкротства): учеб.-практ. пособие. – М.: Волтерс Клувер, 2006. – 360 с.
9. Круглова О.Г. Проблемы формирования конкурсной массы должника // Право и экономика. – 2013. – № 3. – С. 43–47.
10. Кузнецов А.В. Организация сопровождения жизненного цикла документов // Информационные системы и технологии. – 2011. – № 1(63). – С. 68–71.
11. 1С: Документооборот 8. Функциональные возможности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.amilen.ru/doc8_fun/, своб.
12. 1С: Консалтинг / Процессы управления документами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://consulting.1c.ru/journal-article.jsp?id=304/, своб.
13. 1С: Предприятие 8. Системные требования 1С: Предприятия 8 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.v8.1c.ru/requirements/, своб.
14. Настройка прав доступа в 1С [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://1c-doc.ru/prava_dostupa_v_1s.html, своб.

Булавенко Антонина Валерьевна
Год рождения: 1991
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевых технологий, кафедра технологии молока и пищевой биотехнологии, группа № и6361
Направление подготовки: 240902 – Пищевая биотехнология
e-mail: totoshka01@ya.ru

УДК 66.637.352

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ МЯГКОГО СЫРА ИЗ КОЗЬЕГО МОЛОКА С РАСТИТЕЛЬНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ

А.В. Булавенко
Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.П. Сучкова

Состояние здоровья населения в значительной степени определяется организацией и структурой питания, в этой связи вопросы производства продуктов специального, лечебного и профилактического назначения находятся в центре внимания специалистов, занимающихся разработкой современных технологий и критериев качества пищевых продуктов. Современные положения физиологии и биохимии питания диктуют необходимость разработки принципиально новых подходов к созданию продуктов многофункционального назначения, удовлетворяющих требованиям гигиены питания различных категорий населения и нивелирующих вредные воздействия на организм.

В производстве сыров на современном этапе развития пищевых технологий, особый интерес представляет козье молоко. Однако из-за отсутствия рациональных технологий и ограниченных сырьевых ресурсов, промышленного выпуска сыров из козьего молока в нашей стране не достаточно.

Известно, что молоко козы более соответствует физиологическим особенностям человеческого организма, чем коровье. Медицина отводит важную роль козьему молоку, как продукту питания для ослабленных и страдающих пищевой аллергией детей, аллергики зачастую плохо переносят белок коровьего молока. Содержащийся в козьем молоке протеин легче усваивается человеческим организмом, поэтому козье молоко не вызывает аллергических реакций и расстройств пищеварения, используется при заболеваниях желудка и кишечника, малокровии и анемии, нарушениях зрения, астме. Минеральные соли находятся в козьем молоке в определенном соотношении и равновесии. Козье молоко обладает меньшей способностью к свертыванию ферментами, что в некоторой степени объясняется фракционным составом белка и пониженной титруемой кислотностью, поэтому при разработке технологии мягких сыров используются повышенные дозы бактериальных заквасок и хлористого кальция. Благодаря этому улучшается синерезис сгустка и обезвоживание сырной массы при ее дальнейшей обработке.

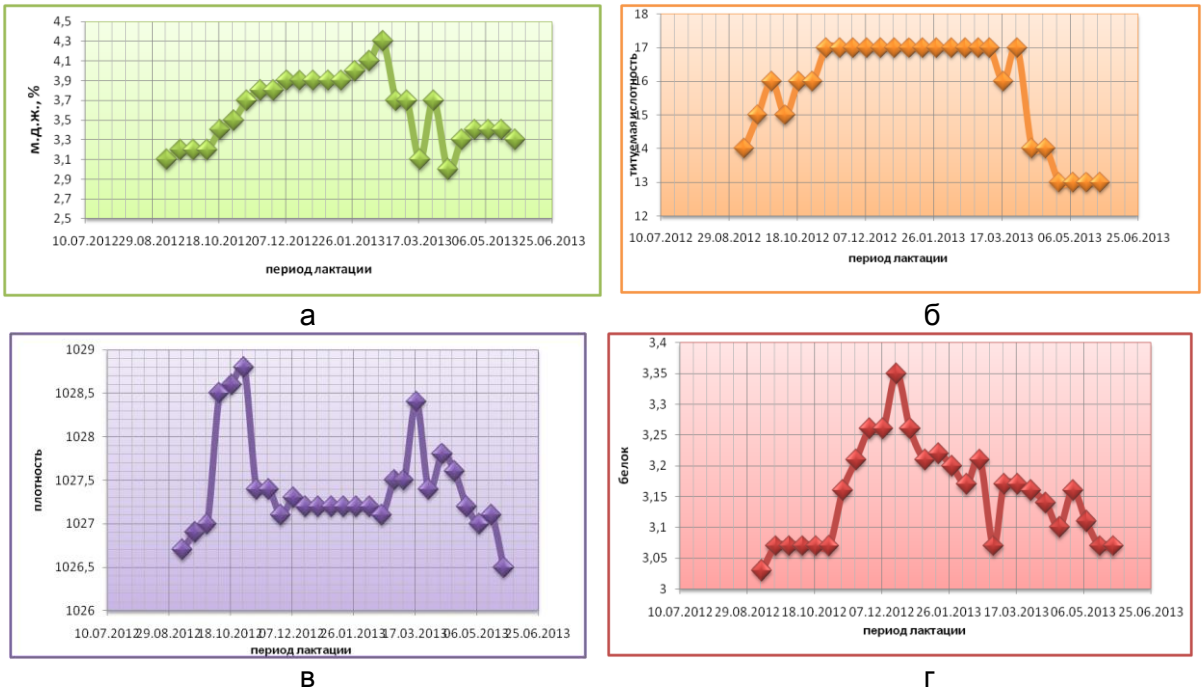
Целью работы являлась разработка рецептуры и технологии мягкого сыра из козьего молока с растительными наполнителями.

Задачи исследования:

- исследовать состав козьего молока, полученного от коз зааненской породы;
- подобрать растительные компоненты для обогащения сыров, улучшения внешнего вида и вкусовых характеристик продукта;
- определить способ внесения наполнителей, разработать рецептуру сыра;

– исследовать готовый продукт, определить качественные показатели сыра.

В молочном секторе качество молочных продуктов, и в частности сыра, зависит от сезонных колебаний, на основании этого было проведено исследование, в котором осуществлялось измерение основных показателей козьего молока в течение определенного периода времени, для нахождения зависимости между сезонными изменениями в составе молока и качестве производимого из него сыра.



а б в г

Рисунок. Зависимости основных показателей козьего молока от периода лактации: показатель жирности молока (а); показатель титруемой кислотности (б); показатель плотности (в); показатель белка (г)

На молокоперерабатывающем заводе племенного хозяйства «Приневское» было произведено 8 экспериментальных образцов мягкого козьего сыра с использованием четырех видов комбинированных смесей из растительных наполнителей.

Наиболее приемлемым способом внесения наполнителя считается внесение перед формованием или фасовкой, так как при внесении добавки перед сквашиванием может нарушиться его процесс, поэтому для производства сыра было выбрано два способа внесения растительных наполнителей:

– внесение в сырное тесто в процессе формования;
– обсыпка сырной головки после процесса самопрессования.

При исследовании экспериментальных образцов мягкого козьего сыра, произведенных с учетом двух выбранных способов внесения растительных наполнителей, была проведена органолептическая и визуальная оценка образцов. Предложена технологическая схема производства мягких сыров из козьего молока с растительными наполнителями.

Было определено влияние комбинированных смесей на органолептические показатели готового продукта: вкус, запах, консистенция, внешний вид, цвет теста, рисунок на разрезе.

Оценка хранимоспособности сыров мягких с использованием растительных компонентов основана на определении изменения органолептических характеристик готовых образцов и показателя титруемой кислотности на протяжении 11 дней с интервалом фиксирования кислотности в два дня.

Оценка влагоудерживающей способности определялась по содержанию влаги в готовых образцах. Содержание влаги определяли на приборе Чижовой. Выявлена зависимость влагоудерживающей способности от способа внесения растительных компонентов.

В ходе проведенной работы была осуществлена разработка рецептуры и технологии мягкого сыра из козьего молока с растительными компонентами. В результате проведенных исследований были сформулированы следующие выводы:

1. на основании анализа литературных данных установлена возможность и целесообразность разработки мягкого сыра из козьего молока с растительными компонентами;
2. проведено исследование молочного сырья, установлена годовая динамика изменения состава и свойств козьего молока от породы зааненских коз; были установлены факторы, влияющие на состав и свойства козьего молока как сырья для сыроделия;
3. в результате исследования молочного сырья было установлено, что козье молоко является потенциальным сырьем для производства мягких сыров, из него возможно без существенных изменений технологии изготавливать высококачественные сыры;
4. для производства мягкого сыра из козьего молока был выбран метод термокислотной коагуляции;
5. проведен подбор вкусовых наполнителей и составлено несколько видов комбинированных смесей из пряных трав и овощей, которые хорошо сочетаются с сырьем и способны нивелировать специфический вкус и запах козьего молока;
6. при изучении способов внесения добавок выявлено, что смешение наполнителя непосредственно с сырным зерном больше подходит для смесей из пряных трав, а нанесение наполнителя на поверхность сыра – для смесей из овощей;
7. в ходе работы были проведены исследования по определению оптимальной дозы вносимого наполнителя, определение влагоудерживающей способности продукта, определение кислотности в процессе хранения продукта;
8. произведен расчет биологической и энергетической ценности мягкого сыра из козьего молока. Лимитирующая аминокислота в составе козьего сыра – метионин + цистин; биологическая ценность белковой составляющей козьего сыра составляет 40%.

Литература

1. Оноприйко А.В. Твердый сыр из козьего молока // Сыроделие. – 1999. – № 4. – С. 30–31.
2. Иоличев Б.С., Марзанов Н.С. Биотехнологические особенности молока коз // Молочная промышленность. – 2000. – № 7. – С. 44.
3. Протасова Д.Г. Свойства козьего молока // Молочная промышленность. – 2001. – № 8. – С. 25–26.

Ведмеденко Никита Сергеевич
Год рождения: 1990
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевой инженерии и автоматизации, кафедра техники пищевых производств и торговли, группа № и6253
Направление подготовки: 151000 – Технологические машины и оборудование
e-mail: kingjulion@mail.ru

УДК 681.1

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ КРУП

Н.С. Ведмеденко
Научный руководитель – к.в.н., доцент А.Н. Пальчиков

Для совершенствования технологии сепарации круп автором предложено использовать более эффективный метод и трибоэлектростатический сепаратор собственной конструкции с применением новых физических эффектов ультразвука.

Цель и задачи исследования. Наиболее полное разделение всех компонентов при производстве круп достигается, как правило, комбинированным методом очистки сырья. Электросепарация [1, 2], как известно, малоэнергоемка, не требует питьевой воды и устройств для очистки сточных вод, не засоряет воздух. Пыль задерживается электрическим полем сепаратора. Процесс электросепарации имеет низкий шум. Так как процесс электрической сепарации универсален, его применяют как для сортировки продуктов дробления зерна, так и для разделения отходов круп с выделением зародыша и лузги. Электрической сепарацией за рубежом занимаются многие фирмы: «Sala» (Швеция), «Lurgi» (Германия), «Boxmad Rapid» (Великобритания), и др. Они гарантируют высокую эффективность процесса электросепарации. Глубокие исследования проведены и нашими учеными: И.Ш. Бородиным, В.И. Мищенко, Э.А. Камениром, А.М. Басовым, Ф.Я. Изаковым и др. Ими созданы и работают сепараторы, в которых используют эффекты электростатических полей.

В промышленности чаще всего применяется коронно-электростатическая сепарация с использованием аппаратов небольшой (1–2 т/ч на 1 м длины электрода) удельной производительности, что недостаточно для больших крупозаводов. В связи с этим есть необходимость повышения производительности и снижения энергетических затрат при работе этих аппаратов, и как результат, снижение стоимости круп, и улучшения их качества, что и является актуальной задачей [2].

Производительность разрабатываемого трибоэлектрического сепаратора прочно связана с процессом соприкосновения крупы с поверхностью диэлектрического спуска, где идет зарядка зерна: чем интенсивнее процесс взаимного перемещения и столкновения частиц и касания их поверхности питателя, тем зарядка выше, тем большие силы будут действовать при прохождении через электростатическое поле и более качественно сепарировать на фракции [3]. Это не всегда возможно под действием сил гравитации. Наше предложение – использовать механические колебания ультразвука, наложенные на зерновую смесь, которые резко изменяют скорость скольжения зерновок друг о друга, укладку их в один слой и поэтому, потом качественное разделение продуктов обрушивания по физическим свойствам [5, 10].

Объект исследования: метод трибоэлектростатической сепарации с использованием поля ультразвука.

Предмет исследований – процессы трибоэлектростатической сепарации в условиях наложения дозированного поля ультразвука.

Цель исследований – разработка сепараторов с высокой удельной производительностью, ранее не достижимой без ультразвука.

Задачи работы:

1. обосновать теоретические принципы влияния ультразвука на увеличение производительности трибоэлектростатических сепараторов круп;
2. определить и предложить конструктивные параметры пластинчатого трибоэлектростатического сепаратора с излучателем ультразвука;
3. провести опытные испытания сепаратора и снять экспериментальные данные для получения расчетных зависимостей.

Методика исследований: использовать аналитические и экспериментальные методы исследования характеристик электростатического поля и разделяющих сил в рабочей зоне сепаратора в поле ультразвука, провести статистический анализ продуктов обрушивания и качества круп после разделения.

Основные положения:

1. теоретические исследования влияния ультразвука на увеличение производительности трибоэлектростатической сепарации круп;
2. принципиальная схема трибоэлектростатического сепаратора нового типа, которая позволяет определить основные конструктивные и технологические показатели сепаратора с генератором ультразвука.

Научная новизна результатов:

1. установлено существенное влияние ультразвука на увеличение удельной производительности трибоэлектростатических сепараторов (на 25%);
2. получена расчетная зависимость технологических характеристик трибоэлектростатического сепаратора от мощности и амплитуды колебаний рабочего органа ультразвукового (УЗВ) генератора при неизменном напряжении на пластинах-электродах.

Достоверность научных выводов подтверждается большим объемом экспериментального материала, сопоставимостью расчетных и экспериментальных значений (расхождение менее 15%). Экспериментальная установка используется в учебном процессе кафедры ТППиТ ИХиБТ Университета ИТМО.

Автор лично проводил и анализировал теоретические и экспериментальные исследования, разрабатывал методики экспериментальных исследований и их обрабатывал.

Основные положения исследования. Технической задачей нашего изобретения и исследования являлось повышение скорости и степени трибоэлектростатической зарядки продуктов шелушения в вибрирующей от ультразвука течке-спуске (пластик), снижения габаритов за счет качественной зарядки и повышения производительности сепаратора, повышения качества сепарирования.

Техническая задача выполняется за счет того, что в электростатическом сепараторе, содержащем вибрирующую течку-спуск (далее назовем его спуском) из пластика, закрепленную в стальном зажимном кольце, жестко связанным с УЗВ концентратором, заряжаются трением и соударениями продукты шелушения до подачи их в электростатическое поле. В связи с этим в сепараторе происходит более интенсивное разделение продуктов шелушения на фракции кулоновскими силами. В процессе зарядки поступающей крупы (стрелка) магнитострикционный преобразователь 4 (рис. 1) начинает совершать колебания с УЗВ частотой 20000 Гц, которая усиливается концентратором 5. При этом колебания поступают через стальное

зажимное кольцо с хомутом для передачи вибраций корпусу спуска, который также начинает совершать поперечные колебания, воздействуя на массу зернопродуктов.

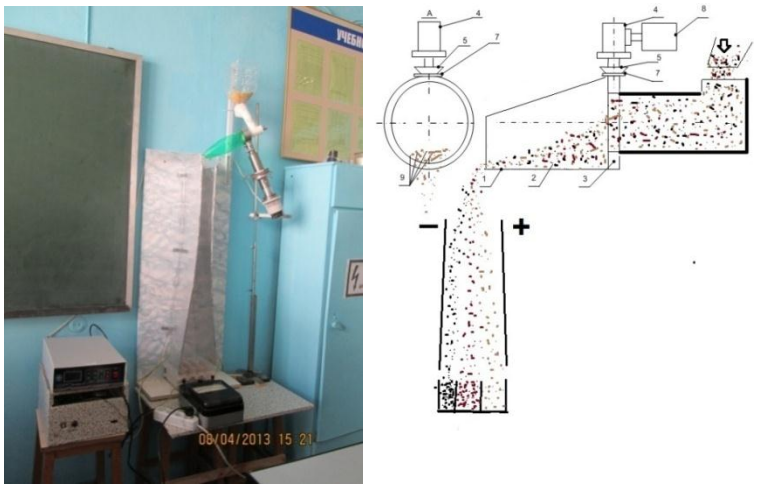


Рис. 1. Упрощенная схема электростатического сепаратора с трибозарядкой продуктов шелушения в поле ультразвука: 1 – вибрирующая течка-спуск (пластик); 2 – продукты обрушения (оболочка, ядро, необрушенное зерно); 3 – металлическое зажимное кольцо с хомутом для передачи вибраций корпусу течки-спуска; 4 – магнитострикционный преобразователь; 5 – ультразвуковой концентратор; 6 – питатель-бункер; 7 – фланец; 8 – ультразвуковой генератор; 9 – трибоэлектростатически заряженные продукты шелушения; (-- +) приложенное напряжение к пластинам электростатического сепаратора. Внизу – многоячеистый сборник продуктов сепарирования

Описание и анализ результатов работы. Таким образом, наш трибоэлектрический сепаратор отличается от промышленного тем, что дополнительно содержит УЗВ генератор, магнитострикционный преобразователь, УЗВ концентратор, причем в УЗВ концентраторе неподвижно закреплена вибрирующая от него течка-спуск (пластик) с возможностью регулирования угла наклона. Повышенные силы разделения позволяют, как показал эксперимент, сократить высоту пластин в 1,8–2,0 раза и повысить производительность при этом в 1,15 раза, что без ультразвука было невозможно. При этом происходит псевдоожижение смеси, снижается трение между частицами. Смесь уподобляется жидкости, приобретает дополнительную текучесть.

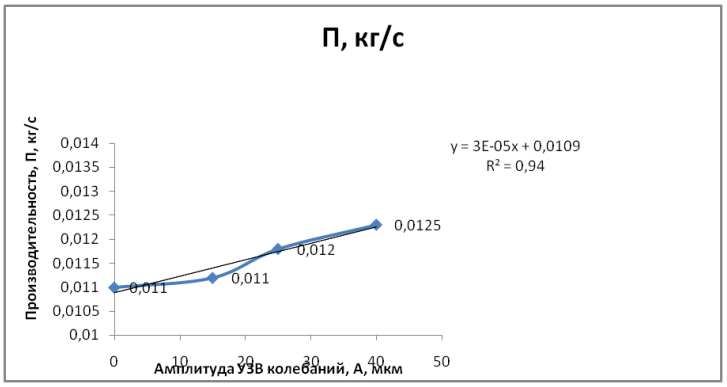


Рис. 2. Зависимость производительности электростатического сепаратора круп от амплитуды колебаний УЗВ излучателя

Заключение. Использование ультразвука при сепарации круп позволяет внедрить экологически чистую технологию и более эффективное оборудование, патентуемое кафедрой ТППиТ ИХиБТ Университета ИТМО. Данное направление исследований

требует дальнейшего развития и внедрения в производство, как экономически и экологически выгодное.

Литература

1. Антуфьев В.Т., Громцев С.А. О вепольной технологии в пищевой промышленности // Сборник рефератов депонированных рукописей. Сер. В. Вып. № 51. – М.: ЦВНИ МО РФ, 2000. – С. 3.
2. Рогов И.А., Бабакин Б.С., Выгодин В.А. Электрофизические методы в холодильной технике и технологии. – М.: Колос, 1996. – 336 с.
3. Басов А.М., Изаков Ф.Я. Диэлектрическая проницаемость зерна и ее влияние на сепарацию // Труды Челябинского ИМиЭ сельского хозяйства. – 1961. – № 12. – С. 92–99.
4. Басов А.М., Изаков Ф.Я., Шмигель В.Н. Электрозерноочистительные машины. Теория, конструкции и расчет. – М.: Машиностроение, 1968. – 203 с.
5. Ведмеденко Н.С., Пальчиков А.Н. Разработка метода электростатической сепарации круп с применение поля ультразвука. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 5 с.
6. Ведмеденко Н.С., Пальчиков А.Н. Перспективный способ дозирования сыпучих продуктов // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых. Выпуск 4. – 2014. – С. 33–34.
7. ГОСТ 12.1.001-89. Ультразвук Общие требования безопасности. – Введ. 01.01.1991. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 9 с.
8. Рогов И.А. Электрофизические методы обработки пищевых продуктов. – М.: Агро, 1988. – 272 с.
9. Тарушкин В.И. Диэлектрическая сепарация семян. Автореферат на соискание степени доктора технических наук. – М., 1991. – 32 с.
10. Чичиналзе А.В. Основы трибологии (трение, износ): учебник / Под общ. ред. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 2001. – 664 с.

Глазачева Екатерина Николаевна
Год рождения: 1991
Инженерно-физический факультет, кафедра информационных технологий топливно-энергетического комплекса, группа № 6203
Направление подготовки: 223200 – Техническая физика
e-mail: termonna@mail.ru

УДК 661.183.45

СОЗДАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТИ ОТ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Е.Н. Глазачева
Научный руководитель – д.т.н., профессор М.В. Успенская

В работе предлагается методика синтеза сорбента на основе бентонитовой глины для ликвидации нефтяных разливов на водной поверхности.

Ежегодно в воду попадает почти 1,5 млн. м^3 нефти и нефтепродуктов [1]. Утечки происходят по разным причинам: естественным, в результате добычи и производства, а также транспортных аварий танкеров и нефтепроводов. Поскольку образующаяся после разлива нефтяная пленка ограничивает доступ света и воздуха, страдает огромное

количество морских организмов, растений, а также птицы. Во время катастроф не происходит массовой одномоментной гибели организмов в районе загрязнения, однако, нефтяные разливы имеют негативные последствия в долгосрочной перспективе.

С развитием добычи нефти на шельфах и ростом объемов транспортировки по морю риск загрязнения водоемов будет только увеличиваться [2]. Именно поэтому необходим быстрый, эффективный и экологически безопасный способ ликвидации последствий нефтяных разливов.

Использование сорбентов по сравнению с остальными методами удаления нефтяных пленок с воды не имеет значительных ограничений по применению и является экологически дружелюбным средством очистки [3].

Целью работы являлось создание эффективного полимерного сорбента на основе бентонита для ликвидации нефтяных загрязнений на водной поверхности.

Для того чтобы сорбционная очистка воды была эффективной, материал должен обладать высокой поглотительной способностью, высокой продолжительностью плавучести, высокой скоростью сорбции. Существует огромное число разработанных материалов, но поиск простого метода синтеза эффективного экологически безопасного сорбента, обладающего высокой нефтеемкостью и низкой стоимостью продолжается [4–6].

В связи с этим создание сорбента на основе бентонитовой глины, которая является широко распространенным природным минералом, и способа ликвидации с его использованием нефтяных разливов с водной поверхности является актуальным и целесообразным направлением.

В работе предлагается метод создания сорбента на основе бентонита путем его полимеризационного модифицирования. В качестве основы разработанной методики получения сорбентов был взят метод, описанный в патенте № 2397809 [7]. В процессе разработки были внесены следующие изменения: уменьшены концентрации активатора и инициатора, снижена до комнатной температура полимеризация. Процедура синтеза включает две главные стадии: активацию бентонита тетраметилэтилендиамином (ТМЭД) и полимеризацию акриловой кислоты на поверхности бентонита в присутствии инициатора персульфата аммония. Затем сорбент несколько раз промывается дистиллированной водой, сушится при комнатной температуре в течение 48 ч, и измельчается.

В работе в качестве исходного материала использовали природный бентонит (ПБ), а также натриевый бентонит (НБ), полученный в результате активации природного бентонита карбонатом натрия.

Для характеристики сорбента был проведен ИК-анализ. Полученные спектры ПБ и синтезированного сорбента на основе НБ с соотношением компонентов бентонит: акриловая кислота (АК)=2,5:1 представлены на рис. 1.

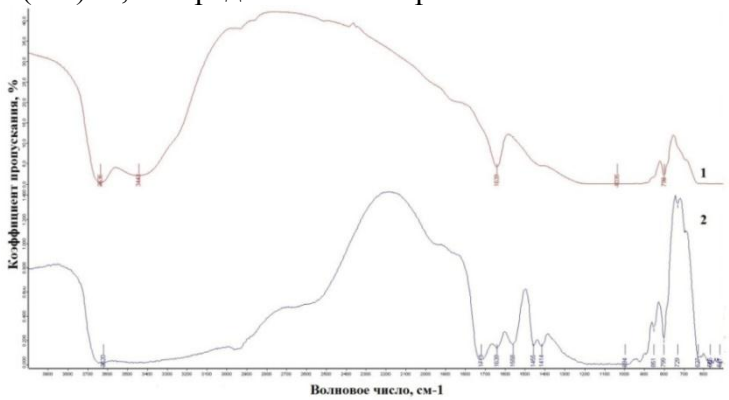


Рис. 1. ИК-спектры изученных образцов: 1 – ПБ; 2 – сорбент НБ/АК (2,5:1)

Слабый характеристический пик в области 2600 $см^{-1}$ на спектре образца НБ/АК (2,5:1) соответствует колебаниям группы – СООН, пик в области 1719 $см^{-1}$

соответствует валентным колебаниям по двойной связи С=О в группе – СООН. ИК-спектр модифицированного бентонита содержит пики 1454 $см^{-1}$ и 1414 $см^{-1}$, соответствующие колебаниям С-О связей.

Выявленные изменения в спектрах исследованных образцов свидетельствуют о том, что в процессе полимеризации произошла адсорбция полиакриловой кислоты на поверхности бентонита.

Исследование кинетики набухания сорбента является важным для характеристики его свойств. Главными параметрами процесса набухания являются степень набухания, скорость сорбции и константа скорости сорбции. Кинетика сорбции зависит от концентрации мономера в реакционной смеси, природы бентонита и внешних факторов.

В работе исследована зависимость степени набухания и скорости сорбции нефти, синтезированным материалом от соотношения компонентов в мономерной смеси.

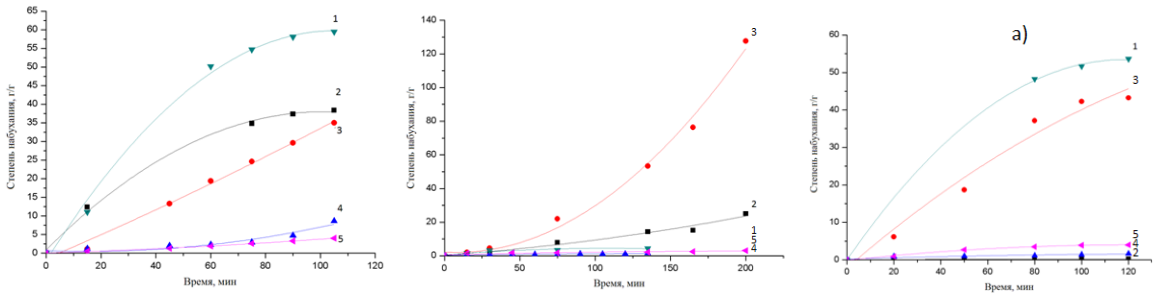
Синтезированы пять образцов сорбента на основе ПБ с соотношением компонентов ПБ:АК–1:1; 1,5:1; 2:1, 2,5:1; 3:1 соответственно и пять образцов на основе НБ с соотношением компонентов НБ:АК –1:1; 1,5:1; 2:1, 2,5:1; 3:1.

Для исследования кинетики набухания использовали гравиметрический метод. Степени набухания образцов, г/г, найдены по формуле (1).

$$Q = \frac{m_t - m_0}{m_0}, \quad (1)$$

где m_t – масса сорбента через определенное время набухания, г; m_0 – масса сухого сорбента, г.

Построенные кинетические кривые набухания для всех синтезированных образцов на основе НБ при температурах 23, 15 и 5°С представлены на рис. 2.

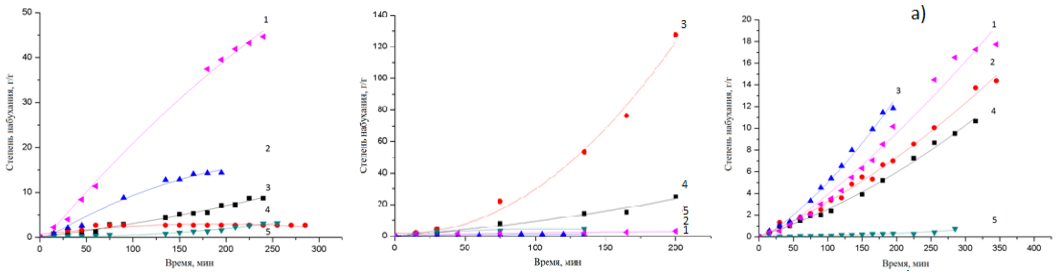


а б в

Рис. 2. Кинетические кривые набухания образцов НБ/АК при температуре: 23°С (а); 15°С (б); 5°С (в). Условия синтеза: соотношение компонентов НБ:АК в мономерной смеси: 1 – 2,5:1; 2 – 1:1; 3 – 1,5:1; 4 – 2:1; 5 – 3:1

Из приведенных кинетических кривых, видно, что максимальной степенью набухания, 60 г/г при 23°С и 55 г/г при 15°С обладает сорбент НБ/АК с соотношением компонентов 2,5:1, в то же время при 5°С это образец почти не набухает.

На рис. 3 представлены результаты исследования кинетики набухания образцов сорбентов на основе ПБ.



а б в

Рис. 3. Кинетические кривые набухания образцов ПБ/АК при температуре: 23°С (а); 15°С (б); 5°С (в). Условия синтеза: соотношение компонентов ПБ:АК в мономерной смеси: 1 – 3:1; 2 – 1,5:1; 3 – 2:1; 4 – 1:1; 5 – 2,5:1

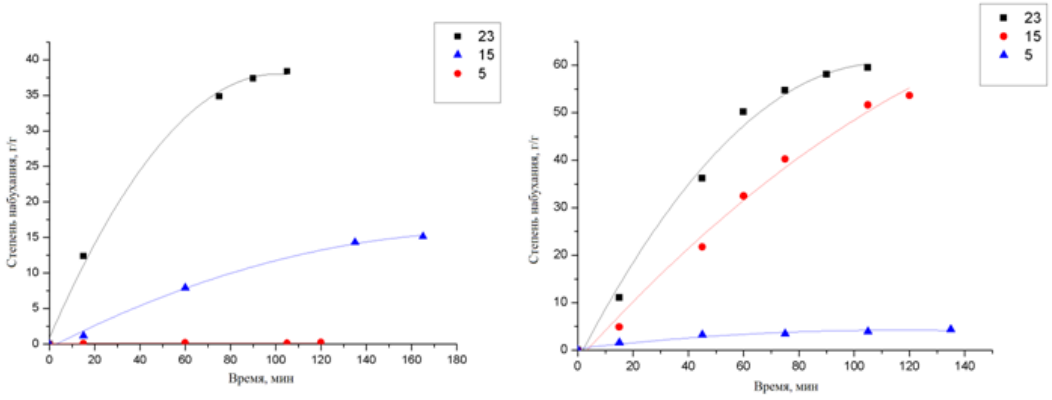
Из кинетических кривых сорбентов на основе ПБ видно, что наивысшей степенью набухания при температурах 23 и 15°С обладает сорбент ПБ/АК (3:1) с наименьшим содержанием акриловой кислоты 45 и 18 г/г соответственно. При 5°С степени набухания большинства образцов составляют менее 5 г/г.

Природный бентонит характеризуется порами размером, меньшим или достаточным для сорбции жидких углеводородов. Полиакриловая кислота может покрывать поры бентонита пленкой различной толщины, которая зависит от соотношения компонентов в мономерной смеси, покрывать не полностью или совсем не покрывать, либо может закупоривать поры бентонита. В связи с этим, чтобы обеспечить высокое набухание, необходимо создать достаточно тонкую полиакриловую пленку внутри пор, которая и формируется в результате синтеза сорбента при соотношении компонентов в мономерной смеси ПБ:АК=3:1.

Поскольку в результате активации ПБ карбонатом натрия происходит расширение его структуры и увеличение размера пор, оптимальная толщина пленки больше, чем в случае ПБ и обеспечивается соотношением компонентов НБ:АК=2,5:1.

Известно, что с понижением температуры вязкость нефти увеличивается, и это оказывает влияние на ее сорбцию, молекулы нефти труднее проникают в поры материала, максимальная степень набухания синтезированных сорбентов снижается.

Поскольку разливы нефти на воде происходят при различных погодных условиях, в различные сезоны, важно также изучить зависимость кинетики набухания синтезированных сорбентов от температуры (рис. 4).



а б

Рис. 4. Влияние температуры окружающей среды на кинетику набухания синтезированных сорбентов: НБ/АК (1:1) (а); НБ/АК (2,5:1) (б)

Кинетические кривые набухания при разных температурах для синтезированных сорбентов подтверждают, что при увеличении температуры скорость сорбции увеличивается.

Разливы могут происходить в разных местах: в морской акватории или в прибрежных зонах, в разных погодных условиях, которые могут препятствовать быстрому реагированию на загрязнение. Кроме того, со временем происходит изменение нефтяного пятна. В связи с этим были смоделированы четыре нефтяных пленки возрастом 1 мин, 4, 24 и 72 ч для изучения кинетики сорбции. Полученные кинетические кривые набухания представлены на рис. 5.

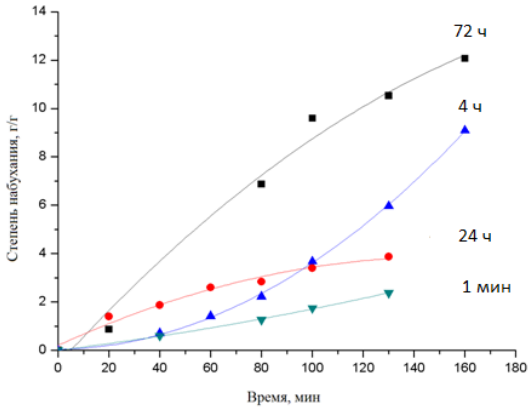


Рис. 5. Влияние возраста нефтяной пленки на кинетику набухания сорбента

Самую высокую скорость поглощения в начальном периоде сорбент демонстрирует при нанесении на загрязнение через 72 ч после разлива и самую низкую при нанесении сразу после разлива (табл. 1).

Таблица 1. Влияние возраста нефтяной пленки на кинетику набухания сорбента

Кинетический параметр	Возраст нефтяной пленки, ч			
	0 (1 мин)	4	24	72
υ, г/мин	0,0069	0,0161	0,0500	0,0950

В работе была определена эффективность применения синтезированных сорбентов, которую находили путем измерения остаточной концентрации нефтепродуктов после применения сорбента в течение 15 ч (табл. 2). Измерения проводили флуориметрическим методом на приборе «Флюорат-02-2М». После сорбции в воде остается нефти меньше, чем установлено рамками предельно допустимой концентрация, которая составляет 0,3 мг/л, а эффективность очистки составляет 99,9%.

Таблица 2. Изменение содержания нефти в воде после очистки сорбентом НП/АК (2,5:1)

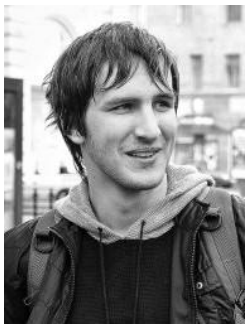
Содержание нефти в воде, мг/л		Эффективность очистки, %
До сорбции	После сорбции	
1000	0,036	99,9

В работе предложен способ создания нефтяного сорбента на основе бентонитовой глины. Синтезированы образцы полимерного минерал-содержащего сорбента путем полимеризационного модифицирования бентонита. Исследованы кинетические характеристики набухания полученных полимерных сорбентов, влияние соотношения компонентов в мономерной смеси, влияние внешних факторов на кинетику набухания синтезированного материала.

Литература

1. Ведменский А.М., Барышников А.А., Стрекалов А.В. Способ ликвидации аварийных разливов нефти с помощью магнитной жидкости // Экологические проблемы нефтегазового комплекса. – 2013. – С. 342–344.
2. Стоянов В.У., Фридман А.В. Проблема загрязнения и очистки морских акваторий от нефтепродуктов // Строительство и техногенная безопасность. – 2010. – Вып. 31. – С. 133–138.
3. Тетельман В.В., Язев В.А. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. Учебное пособие. – Долгопрудный: Интеллект, 2009. – 352 с.

4. Zhang Y., Gu Q., Dong Z., He P. Effect of Reaction Parameters on Swelling Properties of Poly (Acrylic Acid-Acrylamide/Montmorillonite) Nanocomposite Superabsorbents // Polymer-Plastics Technology and Engineering. – 2012. – № 51. – P. 407–412.
5. Prokof'ev V.Yu., Razgovorov P.B., Zakharov O.N., Gordina N.E. Study of Pore Texture of Sorbents Based on Kaolin Clay // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2011. – V. 84. – № 11. – P. 1866–1870.
6. Liu Li, Zhou Zhang, Wei Shen. Synthesis and Properties of a Poly (acrylic acid) // Montmorillonite Superabsorbent Nanocomposite. Journal of Applied Polymer Science. – 2006. – V. 102. – P. 5725–5730.
7. Пат. 2397809 РФ, МПК B01J20/26. Способ получения гибридного органо-неорганического сорбента для очистки различных поверхностей от разливов нефти и нефтепродуктов / Хаширова С.Ю., Микитаев А.К., Мусаев Ю.И., Лигидов М.Х., Мусаева Э.Б. Опубл. 27.08.2010. – Бюл. № 24. – 5 с.



Гордеев Илья Александрович
Год рождения: 1991
Факультет точной механики и технологии, кафедра технологии приборостроения, группа № 6653
Направление подготовки: 200100 – Приборостроение
e-mail: leusgrif@gmail.com

УДК 004.422.81:004.9:621:681.2:658.512

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛА РАЗМЕРНО-ТОЧНОСТНОГО СИНТЕЗА И АНАЛИЗА ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ ВРАЩЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХПРОЦЕССОВ МЕХАНООБРАБОТКИ

И.А. Гордеев
Научный руководитель – к.т.н., доцент К.П. Помпеев

При автоматизированном проектировании технического процесса (ТП) изготовления деталей одним из важных этапов является проведение размерно-точностного анализа, позволяющего оценивать точностную надежность проектируемых ТП и управлять качеством изготовления изделий уже на стадии проектирования ТП. Для сокращения времени автоматизированного проектирования технологий, обеспечивающих точностную надежность обработки, технологу необходимо использовать соответствующие инструментальные средства – программные системы.

Однако для проверки возможности выполнения требований взаимного расположения (ТВР) поверхностей и определения неравномерности припусков технологи в настоящее время не обладают соответствующим инструментарием и делают это вручную. Исходя из этого, **целью работы** было выбрано создание системы интерактивного синтеза и расчета биений (СИСРБ), в основу которой положена разработанная в Северо-западном заочным техническом университете (СЗТУ) методика синтеза размерных схем и размерно-точностного анализа ТП [1].

В данной методике расчета производится пошаговое преобразование технической системы «Заготовка» (ТСЗ) в техническую систему «Деталь» (ТСД), при этом каждое состояние элемента ТСЗ характеризуется определенными параметрами (точность размера, качество поверхности, требование взаимного расположения и т.п.), соответствующими этому состоянию.

Целью размерного анализа является проведение всех расчетов по определению операционных размеров и анализ возможности выполнения этих размеров и технических требований взаимного расположения элементов с заданной точностью на выбранном оборудовании автоматически при установке заготовки без выверки или с применением выверки [1, 2].

При построении схемы биений для деталей типа тел вращения вычерчивают эскиз детали, на котором изображают припуски на обработку и векторы биений элементов вращения в исходной заготовке, а также базовых, обрабатываемых и обработанных элементов.

Далее проводится расчет величин указанных биений относительно базы обработки и между собой, определяются неравномерности припусков, и проверяется возможность выполнения технических требований взаимного расположения элементов при выбранных системах базирования и на выбранных приспособлениях.

Важным этапом проектирования программной системы является выбор инструментария для создания данной системы и источников входных данных, а также формат этих данных. Был проведен сравнительный анализ трех наиболее популярных фреймворков («Qt» от Qt-Project и Digia, «Eclipse» от Eclipse Foundation и «Microsoft Visual Studio» от Microsoft) и двух универсальных форматов передачи геометрических данных о детали, используемых в CAD-системах (STEP и IGES), проанализированы возможные источники технологических данных, необходимые для корректного построения схемы биений детали. В качестве основных критериев сравнения были выбраны компактность, универсальность и высокая интуитивность пользования. По результатам анализа было принято решение разрабатывать систему на основе библиотек «Qt» [3–5], в качестве формата входных геометрических данных использовать формат STEP, а дополнение схемы биений технологическими данными реализовать через ручной ввод пользователем с помощью механизма интерактивного ввода технологических данных.

Формат STEP, созданный на основе стандарта 10303, имеет ASCII структуру [6], разделенную на секции, каждая из которых содержит некую информацию о детали. Алгоритм интерпретации геометрических данных [7, 8], построен на последовательном прямолинейном проходе по секции DATA и построении в 3D-пространстве соответствующих элементов. Этот алгоритм во многом опирается на расчет пересечений поверхностей в пространстве, является весьма сложным и объемным для программирования и предназначен для построения 3D-модели, которая в разрабатываемом программном комплексе не используется. В связи с этим было принято решение о разработке собственного алгоритма интерпретации геометрических данных в формате STEP.

Новый алгоритм строится на основе того, что анализируемые детали или их части являются телами вращения, следовательно, вся остальная геометрия может игнорироваться. При этом грани исследуемой 3D-модели будут обозначаться в формате STEP примитивами CIRCLE, а поверхности – примитивами CONICAL_SURFACE, CILINDRICAL_SURFACE и TOR.

Конечной целью является получение сечения детали, поэтому алгоритм анализа детали в сокращенном виде будет следующим: поиск всех указанных примитивов; группирование их по осям, на которых они базируются; построение через каждую такую ось плоскости; нахождение точек пересечения примитивов, лежащих на этой оси с данной плоскостью. За реализацию данного алгоритма отвечает специальный модуль системы – парсер.

Полученные таким образом данные представляют собой контур сечения детали. После его построения запускается механизм формирования обрабатываемых

поверхностей на основе данного контура, а следом – механизм их упрощения, призванный убрать поверхности, базирующиеся на геометрии, не участвующей в построении схемы биений.

Весь процесс по построению и расчету схемы биений детали в системе можно разделить на четыре этапа.

На первом этапе, пользователь загружает в систему геометрические данные о детали в формате STEP. После этого парсер на основе этих данных создает эскиз исходного сечения и упрощенный эскиз, которые передаются в модуль отображения исходного эскиза для визуализации. Реальный контур эскиза прорисовывается зелеными сплошными линиями, в то время как контур, основанный на списке поверхностей обработки, прорисовывается синей пунктирной линией.

После того, как пользователь убедился, что загрузил геометрию нужной ему детали, работа с эскизом продолжается в модуле редактирования припусков и поверхностей эскиза. Функциональная часть данного модуля заключается в редактировании поверхностей детали и нанесении (удалении) припусков на обработку на поверхности детали.

При этом отображение в данном модуле изменяется по сравнению с модулем исходного эскиза. На данном этапе исходный замкнутый контур детали уже не отображается, а показывается только контур, построенный на основе обрабатываемых поверхностей. Каждая поверхность и припуск получают координаты по оси Y в виде дискретных значений, кратных коэффициенту «$Y_{\min}$», зависящему от количества поверхностей и припусков. Это делается для того, чтобы выполнялось следующее условие, продиктованное построением схемы биений: прямые, проведенные через каждую поверхность детали с учетом припусков должны быть параллельны оси абсцисс и не совпадать с другими прямыми. Отображение по оси X растягивается так, чтобы эскиз детали полностью заполнял собой пространство отрисовки.

После выполнения всех необходимых преобразований на этапе модификации эскиза он передается в модуль построения схемы биений. Этот модуль, как следует из его названия, служит для дополнения эскиза детали векторами биений. Конечным итогом работы данного модуля является построенная схема биений, содержащая информацию о поверхностях, полученную от предыдущих модулях, о количестве и типе векторов биений и их принадлежности к определенным операциям. Для достижения этой цели пользователю предоставляется функционал по добавлению векторов биений разных типов, возможность их удаления, а также возможность добавлять и убирать операции, используя который он в интерактивном режиме, ориентируясь на операционные эскизы, формирует схему биений путем добавления в нее необходимых векторов биений. После этого он может добавить вектор (векторы) ТВР, что будет являться конечной целью для расчета данной схемы биений. Пример построенной схемы биений приведен на рис. 1.

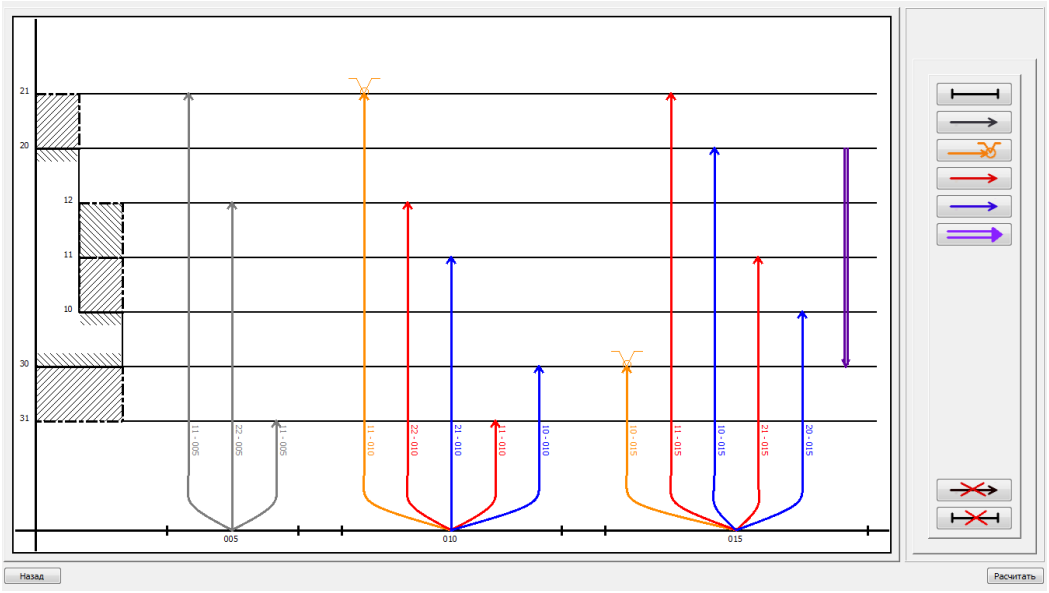


Рис. 1. Построенная схема биений

Затем пользователь может перейти к работе с расчетным модулем, который служит для дополнения схемы биений технологическими данными [9] и расчета значений векторов биений и вектора (векторов) ТВР. Так, для каждого биения формируется отдельный виджет заполнения данными, формирующийся на основе данных о его векторе: к какой поверхности направлен вектор и типе вектора. При этом в левой части модуля находится схема биений, на которой выделяется рассматриваемое в данный момент биение. В случае если для расчета биения требуется рассчитать цепь биений, то на схеме для наглядности будет выделена вся цепь. Внешний вид модуля расчетов представлен на рис. 2.

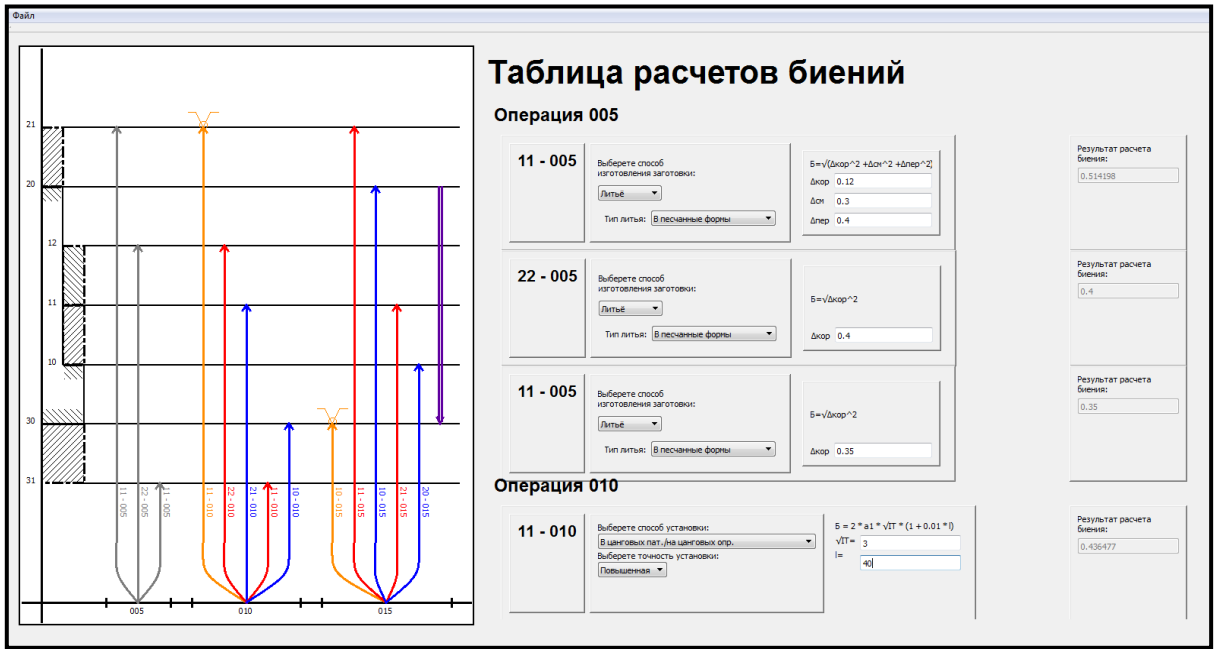


Рис. 2. Расчетный модуль системы

В качестве выходных данных, пользователь может получить схему биений, сохраненную в графический формат *.jpg или *.png, а также расчетные значения векторов биений, представленные в текстовой форме.

Таким образом, разработана система интерактивного синтеза и расчета биений, позволяющая гарантировать уже на стадии автоматизированного проектирования технологий механообработки возможность обеспечения точностных параметров изготавливаемых деталей. При этом инженеры-технологи впервые получили соответствующий программный инструментарий, который может служить вспомогательным средством при проектировании ТП. Использование предлагаемой системы позволяет сократить временные и экономические издержки в процесс проектирования ТП, повысить качество проектных решений, снизить сроки внедрения спроектированных технологий в производство и материальные затраты, обусловленные необходимостью проведения отработки ТП по опытным и установочным партиям. При этом само внедрение ТП будет связано с отработкой и уточнением режимов резания при изготовлении одной-двух деталей из партии с последующим изготовлением всех деталей партии без брака. Предлагаемую систему можно также использовать как экспертную для анализа ТП, уже спроектированных без ее использования, и оценки их надежности по обеспечению точности.

В системе заложена возможность дальнейшего усовершенствования благодаря использованию ООП-ориентированного языка программирования C++ и механизмов фреймворка Qt, она имеет огромный потенциал для модернизации. Вся структура программы разбита на модули, каждый из которых имеет свои функции, входы и выходы. Это позволяет легко модифицировать необходимый модуль, не меняя код остальной программы при сохранении ее работоспособности. Принципы и алгоритмы, заложенные в работу системы, позволяют расширить ее возможности и область применения, дополнив ее модулем размерно-точностного анализа ТП по линейным размерам, охватив тем самым не только детали типа тел вращения, но и детали типа корпусов, плит, рычагов и т.п.

Литература

1. Вороненко А.Е., Клевцов В.А., Маскаров В.В., Одинцова Л.В., Помпеев К.П. Основы технологии машиностроения. – СПб: СЗТУ, 2010. – 265 с.
2. Валетов В.А., Помпеев К.П. Технология приборостроения. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 234 с.
3. Qt-comunitee [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://qt-project.org/, своб.
4. Макс Шлее. Qt 4.5. Профессиональное программирование на C++. – СПб: БХВ-Петербург, 2010. – 896 с.
5. Жасмин Бланшет, Марк Саммерфилд. Qt 4 программирование GUI на C++. – КУДИЦ-Пресс, 2007. – 648 с.
6. ГОСТ Р ИСО 10303-41-99. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 41. Интегрированные обобщенные ресурсы. Основы описания и поддержки изделий. – Введ. 01.07.2000. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000. – 116 с.
7. ГОСТ Р ИСО 10303-21-2002. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 21. Методы реализации. Кодирование открытым текстом структуры обмена. – Введ. 01.07.2003. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 52 с.
8. ГОСТ Р ИСО/ТС 10303-25-2012. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 25. Методы реализации. Связь EXPRESS с XMI. – Введ. 01.05.2013. – М.: Стандартинформ, 2013. – 50 с.
9. Справочник машиностроителя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.mmf.spbstu.ru/mese/2013/600_609.pdf, своб.

Громов Артур Борисович
Год рождения: 1990
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра систем управления и информатики, группа № 6147
Направление подготовки: 220100 – Системный анализ и управление
e-mail: v3nombox@gmail.com

УДК 621.039.637

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЕМКОСТНЫМ НАКОПИТЕЛЕМ ЭНЕРГИИ

А.Б. Громов
Научный руководитель – к.т.н., доцент С.В. Быстров

В мощной импульсной электроэнергетике стоит задача генерации импульсов большой мощности (единицы и десятки гигаватт) в течение короткого промежутка времени. Для этого производят относительно медленное накопление электрической энергии от источников ограниченной мощности, а затем выводят накопленную энергию в течение малого времени. При этом в нагрузке генерируются импульсы напряжения от нескольких киловольт до нескольких мегавольт и импульсные токи амплитудой, доходящей до несколько десятков мегаампер. Длительность импульса может составлять доли миллисекунд и наносекунд, частота повторения импульса – от долей герца до тысячи герц. Такие источники импульсной мощности требуются для ускорителей заряженных частиц, мощных импульсных лазеров, для опытов по управляемому термоядерному синтезу, для радиолокации, для высокоскоростного метания тел и других областей техники [1].

Импульсные источники энергии включают в себя накопитель энергии, систему зарядки, системы управления и коммутации. В качестве накопителей энергии используются электромашинные, емкостные, индуктивные накопители энергии и другие виды накопителей [2].

Емкостные накопители энергии широко используются в физических экспериментах благодаря ряду достоинств:

- малому внутреннему сопротивлению ($<10^{-3}$ Ом);
- малой индуктивности (до 10^{-9} Гн).

Это позволяет обеспечить малое время разряда, высокую эффективную передачу энергии в нагрузку, возможность получения больших значений мощности и скорости нарастания тока. Емкостные накопители энергии обладают рядом эксплуатационных удобств: отсутствием движущихся элементов, простотой обслуживания, модульным принципом исполнения, позволяющим отключать и легко заменять элементы при случайных повреждениях. Недостатком емкостных накопителей энергии является низкая плотность энергии (0,1–0,5 МДж/м^3) по сравнению с другими типами накопителей. Однако с развитием технологий изготовления конденсаторов показатель плотности энергии емкостных накопителей энергии увеличивается и появляется возможность накапливать большое количество энергии на единицу кубического метра.

Для емкостных накопителей энергии важнейшим звеном является зарядное устройство, которое обеспечивает передачу энергии от первичного источника питания в конденсаторы. Известно множество конструкций зарядных устройств, которые отличаются своими схемными решениями и принципами работы.

Зарядные устройства больших емкостных накопителей энергии питаются, как правило, от сети переменного тока. Их можно классифицировать следующим образом:

1. неуправляемые зарядные устройства;
2. зарядные устройства с регулированием тока зарядки;
3. зарядные устройства с высокочастотным инвертором.

Известно большое количество схем зарядных устройств, которые различаются по типу токоограничивающего элемента и наличию управления током зарядки. Наилучшие эксплуатационные характеристики при питании от промышленной сети достигаются в управляемых зарядных устройствах со стабилизацией среднего значения тока, которые обеспечивают линейный рост напряжения на конденсаторах.

Для исследования в работе была выбрана схема управляемого зарядного устройства с тиристорным регулятором тока в цепи первичной обмотки повышающего трансформатора промышленной частоты.

Изменение фазы включения тиристоров в цепи первичной обмотки высоковольтного трансформатора позволяет регулировать процесс зарядки, что невозможно при использовании токоограничивающих элементов в зарядной цепи. Зарядное устройство с тиристорами, высоковольтным трансформатором проигрывает по массогабаритным показателям зарядным устройствам с высокочастотным инвертором, но такая схема зарядного устройства позволяет реализовать простое и надежное управление зарядным процессом.

Целью работы являлось исследование работы системы управления для емкостного накопителя энергии. Зарядное устройство должно обеспечить преобразование электрической энергии, потребляемой от электрической сети и накопление электрической энергии в емкостном накопителе энергии. Зарядное устройство предназначено для реализации так называемого «быстрого» заряда, когда заряд происходит в течение многих периодов питающего напряжения. В исследуемом зарядном устройстве процесс заряда емкостного накопителя энергии будет осуществляться с помощью тиристорного регулятора, включенного в цепь первичной обмотки высоковольтного трансформатора промышленной частоты. В схеме зарядного устройства требуется добиться устойчивого регулирования тока в первичной обмотке высоковольтного трансформатора. Для этого необходимо исследовать работу регулятора тока на устойчивость и быстродействие в схеме зарядного устройства.

Схема зарядного устройства емкостного накопителя энергии представлена на рис. 1. Основными частями устройства являются: трансформатор тока, высоковольтный трансформатор, высоковольтный выпрямитель, тиристорный регулятор.

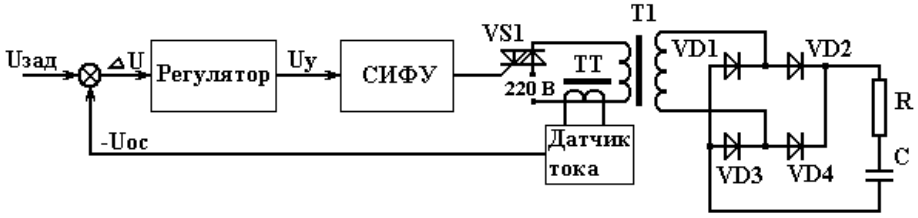


Рис. 1. Схема зарядного устройства с регулируемым процессом зарядки по току в обратной связи

Обратная связь по току с помощью датчика тока (трансформатор тока) позволяет использовать регулируемый процесс зарядки емкостного накопителя энергии, который является наиболее выгодным для зарядки больших батарей конденсаторов. Управление тиристорного регулятора будет обеспечиваться регулятором тока.

Регулятор тока представляет собой пропорционально-интегральный регулятор, обеспечивающий нулевую статическую ошибку регулирования, достаточно прост в настройке, так как настраиваются только два параметра, а именно коэффициент

усиления и постоянная времени интегрирования. Обладает малой чувствительностью к шумам в канале измерения.

Блок-схема датчика тока обратной связи по току и регулятора тока представлены на рис. 2.

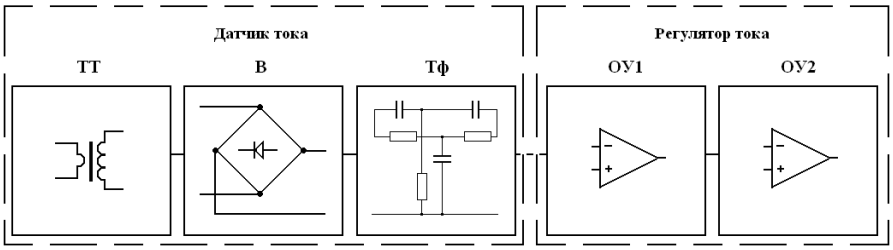


Рис. 2. Блок-схема датчика тока обратной связи по току и регулятору тока

В схеме датчика тока присутствует фильтр для сглаживания пульсаций сигнала трансформатора тока, в схеме регулятора тока – два каскада усиления сигнала. Первые опыты исследования показали, что операционные усилители не могут работать при наличии пульсаций входного напряжения. В связи с этим в схему регулятора введен Т-образный фильтр, который выделяет сглаженное напряжение, пропорциональное ошибке среднего значения зарядного тока.

На рис. 3 изображена кривая зависимости угла запирания тиристора от управляющего напряжения U_{CONT}. Для макета нагрузкой является реостат 0–13 Ом, а требуемыми токами будут 2 А и 15 А. При напряжении 220 В можно определить фазу открытия тиристорного регулятора через значения максимально возможного тока и необходимые величины токов в нагрузке.

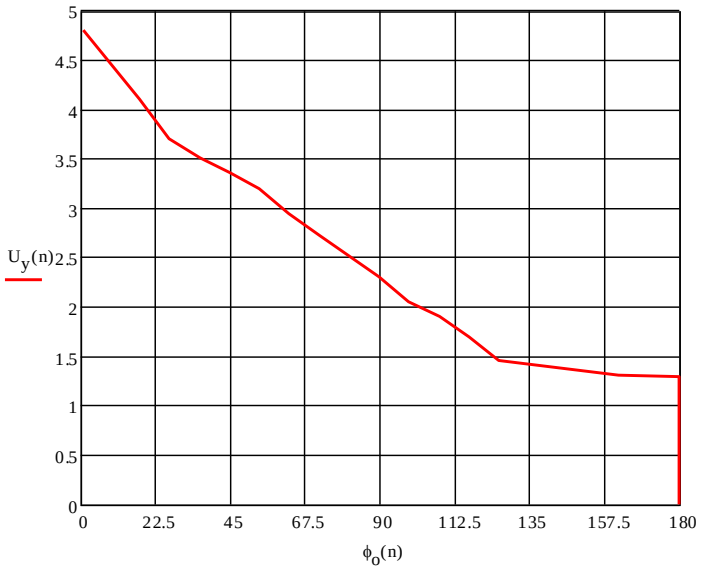


Рис. 3. Регулировочная характеристика системы импульсно-фазового управления

Комплекс оборудования, входящий в проект, образует единую систему энергообеспечения (СЭО), которая будет размещена в кузове унифицированного нулевого (нормального) габарита (КУНГ) на базе автомобиля ЗИЛ-131.

В состав СЭО входит генераторная энергетическая установка (ГЭУ) и емкостной накопитель энергии (ЕНЭ).

Структурная схема СЭО представлена на рис. 4.

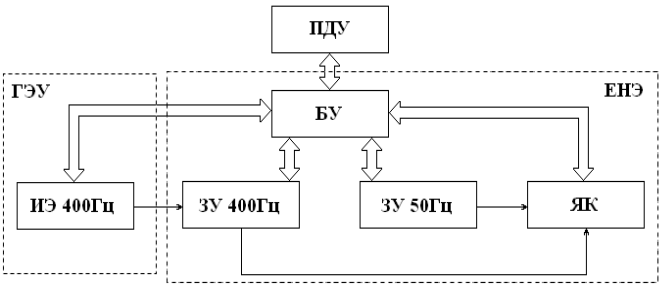


Рис. 4. Структурная схема СЭО: ПДУ – пульт дистанционного управления; ЕНЭ – емкостной накопитель энергии; ГЭУ – генераторная энергетическая установка; БУ – блок управления; ЗУ 50Гц/400Гц – зарядные устройства в двух исполнениях; ИЭ 400Гц – источник питания 400Гц; ЯК – ячейка конденсаторная

На рис. 5 представлена схематически архитектура системы управления ЕНЭ.

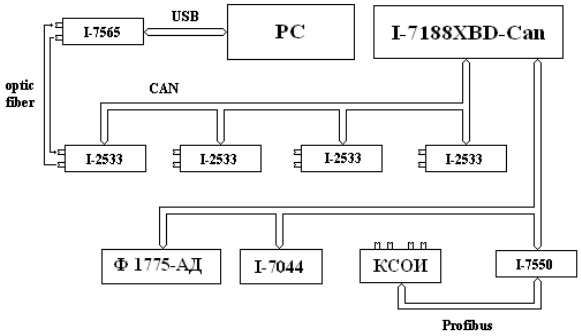


Рис. 5. Архитектура системы управления

Система управления включает в себя:

1. функциональное ядро – программируемый контроллер I-7188XBD, являющийся частью блока управления блока, в задачи которого входит передача диагностической информации на персональный компьютер о состоянии конденсаторной ячейки, обмен информацией с КСОИ через соответствующие приемопередатчики, списание показаний прибора одноканального панельного Ф 1775-АД и обработка входов выходов через периферию I-7044;
2. набор конвертеров I-2533, I-7565 и I-7550 для преобразования световых сигналов и передача информации по шинам CAN, RS-485, ProfiBus и USB;
3. КСОИ (ProfiBus), работающий в паре с ядром системы. Передает показания температуры в баке, напряжения на конденсаторе и зарядного тока.

Интерфейс оператора представлен на рис. 6.

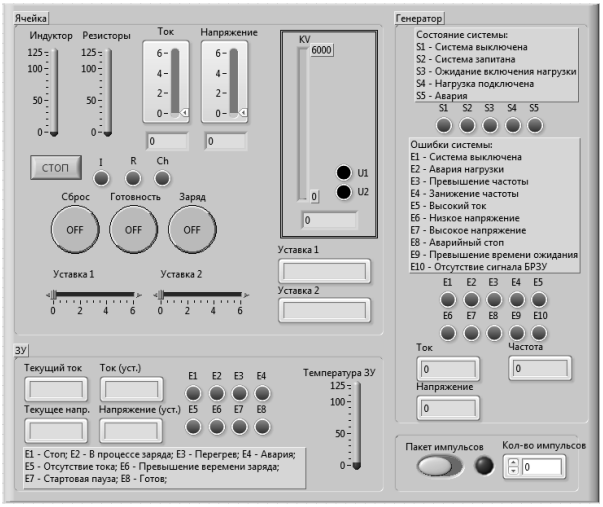


Рис. 6. Интерфейс человек-машина

Литература

1. Пичугина М.Т. Мощная импульсная энергетика. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 98 с.
2. Пентегов И.В. Основы теории зарядных цепей емкостных накопителей энергии. – Киев: Изд-во «Наукова Думка», 1982. – 424 с.

Гуркин Александр Ильич
Год рождения: 1991
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6112
Направление подготовки: 230100 – Информатика
и вычислительная техника
e-mail: alexandr.i.gurkin@gmail.com

УДК 004.056.53

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ РЕАЛИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ДОСТУПА К ЗАЩИЩАЕМЫМ РЕСУРСАМ

А.И. Гуркин
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.Ю. Щеглов

Любой компьютер, подключенный к сети Интернет, имеет для злоумышленников потенциальную ценность. Даже если через него не производятся никаких финансовых операций, если на нем не хранятся конфиденциальные данные, или любая иная информация, предоставляющая ценность для других лиц, вычислительную мощность этого устройства можно использовать для совершения распределенных атак на отказ в обслуживании (DDoS). Для этого надо включив его в сеть, состоящую из зараженных компьютеров, готовых при поступлении внешней команды начать атаку на заданный ресурс.

Именно по этому, системы обнаружения вторжений (СОВ), реализованные в виде отдельных модулей, включены во все современные защитные системы, предназначенные не только для защиты корпоративных систем и сетей, но и для защиты простых домашних устройств.

Но, несмотря на это, большое количество систем ежедневно подвергаются атакам. Проблема тут заключается не только в игнорировании систем защиты многими пользователями, но и в недостаточной эффективности методов обнаружения вторжений, реализованных в системах защиты информации. Не стоит забывать, что прибыли, получаемые за использование бот-сетей и прочую противозаконную деятельность, позволяют злоумышленникам вкладывать в разработку зловредного кода достаточно большие средства, также средства тратятся на анализ существующих методов обнаружения вторжений и на нахождение в них слабых мест. Если добавить возможность промышленного шпионажа за компаниями, разрабатывающими защитное программное обеспечение, то можно предположить, что злоумышленники всегда будут опережать защитников информации на несколько шагов.

Были рассмотрены сетевые и хостовые системы обнаружения вторжений, показаны их особенности и недостатки. Была обоснована необходимость разработки нового метода защиты именно для хостовых СОВ, так как при работе на этом уровне системы у нас есть необходимая для анализа информация.

Проанализированы методы, использующиеся для обнаружения и предотвращения вторжений. Рассмотренные методы, лежащие в основе СОВ, обладают рядом недостатков, не позволяющих современным СОВ обеспечивать защиту систем.

Сигнатурный метод. Применение этого метода заключается в проверке сигнатуры запускаемого процесса перед его выполнением. Этот метод принципиально не может защитить систему от новых вторжений, а также не следит за процессом в ходе его выполнения.

Эвристический метод или метод поведенческого анализа заключается в контроле журналов аудита, в которых фиксируются происходящие в системе события. Администратором формируются список вредоносных событий и способ реагирования на них. Основным недостатком метода является то, что события, фиксируемые в журналах аудита, уже произошли и предотвратить можно только последующие за ними действия.

Предложен метод разграничения доступа к ресурсам за счет контроля деятельности сложносоставного субъекта «Процесс–Пользователь», который позволяет построить систему защиты от атак, использующих несанкционированный доступ к объектам файловой системы.

Правила разграничения доступа задаются для субъекта доступа. Предложена модель реакции на нарушение установленных правил.

Сформулированы требования к средству защиты для реализации на нем предложенного метода защиты.

Разработанная политика, основанная на разграничении доступа к ресурсам, реализует предложенный метод.

Сформулированы общие правила разграничения доступа для сложносоставного субъекта «Пользователь–Процесс» и конкретные правила разграничения доступа для контроля деятельности приложения. Показана на примере возможность защиты от атаки, требующая неправомерный доступ к объекту файловой системы.

Полученные общие правила, связанные с субъектами доступа не должны изменяться от устройства к устройству, что позволяет автоматизировать как настройку конкретного устройства, так и настройку устройств, объединенных общей локальной сетью.

Проблема защиты серверов и рабочих станций с каждым годом становится все более актуальной, это наглядно прослеживается в статистике экономического ущерба от сетевых атак.

Становится очевидной неспособность современных средств защиты обеспечить необходимый уровень безопасности от атак. Используемые системы обнаружения вторжений можно разделить на два больших класса сетевые СОВ и хостовые СОВ. Объектом исследования сетевой СОВ является передаваемый через нее пакет, и все решения система может принимать только на основании полученных из этого пакета данных. Хостовые СОВ помимо пакетов, поступающих через сеть, имеют еще пару объектов контроля, наблюдая за которыми можно создать систему защиты данных: Пользователь, процесс и файл.

Существующие методы, реализованные в хостовых СОВ, не решают своих задач, сигнатурный метод обнаруживает малый процент вредоносного программного обеспечения из действительно актуальных угроз, а поведенческий анализ требует сложной настройки системы, в результате которой для своевременного предотвращения вторжений требуются большие вычислительные мощности.

Предложенный метод заключается в разграничении доступа к файловым объектам операционных систем (ОС). Субъектом доступа является пара «Пользователь–Процесс», что обуславливается многопользовательской средой современных ОС. Для

каждого субъекта создается список правил, с которым сравниваются все обращения субъекта к файловой системе, при запрете обращения считается, что субъект подвергся атаке и нарушающий правила процесс завершается.

С помощью предложенного метода можно противостоять атакам, требующим несанкционированного доступа к файловым объектам, например, вирусам, троянским коням, сниферам и др. Реализованные политики безопасности приемлемы по сложности при администрировании разработанной системы и позволяют защитить обрабатываемые субъектами данные.

Влияние проверки выполнения правил у субъектов осуществляется через перехват системных вызовов, что вносит задержки в работу системы. Эти задержки не превышают 7%, что является приемлемым результатом.

Литература

1. Щеглов А.Ю. Защита компьютерной информации от несанкционированного доступа. – СПб: Наука и техника, 2004. – 384 с.
2. Andrew Hay, Daniel Cid, Rory Bray. OSSEC HIDS. – Syngress Publishing, Inc, 2008. – 307 p.
3. Raven Alder, Jacob Babbin.Snort 2.1. Rockland. – Syngress Publishing, Inc, 2004. – 188 p.

Евдокимов Юрий Андреевич
Год рождения: 1988
Факультет точной механики и технологий, кафедра технологии приборостроения, группа № 6656
Направление подготовки: 200100 – Приборостроение
e-mail: lex-volk@mail.ru

УДК 658.516.2 + 658.531.1 + 681.513.2

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СТАНЦИЕЙ СБОРКИ ОПТИЧЕСКОГО УЗЛА «ЛИНЗА В ОПРАВЕ»

Ю.А. Евдокимов
Научный руководитель – к.т.н., доцент Б.С. Падун

В настоящей работе приводятся результаты проектирования технологической системы и системы автоматизированного управления станцией комплектации и сборки узлов «линза в оправе», а также системы автоматизированного проектирования. Работа по проектированию технологической системы связана с формированием состава и структуры станции и конструированием специальной оснастки для используемых устройств. Для автоматизированной системы управления выполнено составление алгоритмического и программного обеспечения, а для системы автоматизированного проектирования приведены составленные математические модели системы и рассчитанные временные характеристики работы устройств. Кроме этого описаны результаты формирования методических указаний по определению и предсказанию нештатных ситуаций, а также поиску решений для выхода из них. Процесс комплектации и сборки оптических узлов связан с необходимостью обеспечения

требований качества, что должно обеспечиваться высокоточным измерением. Для повышения собираемости в процессе используются приемы селективного метода, выраженные в применении виртуальной сборки.

Цель работы − проектирование состава и структуры алгоритмического программного обеспечения станции комплектации и сборки узлов «линза в оправе», включающее в себя такие элементы, как дескриптор состояний устройств станции, технологические алгоритмы работы станции с разными уровнями детализации, управляющие программы для устройств станции, основанные на алгоритмах, программные средства синхронизации работы устройств станции. Также сюда входят программные средства контроля и анализа работы устройств с целью избегания тупиковых и аварийных ситуаций, а в случае их возникновения методику выхода из них. Необходимо разработать состав и структуру недостающих аппаратных элементов станции и вспомогательную оснастку.

Методы исследования и разработки. Решение поставленной задачи основывалось на использовании таких методов, как методы структурного анализа дискретной математики, метод программирования встроенных контроллеров, методы быстрого прототипирования и численные методы решения задач прикладной физики.

Практическая новизна. Разработано аппаратное и программное обеспечение, необходимое для реализации функционала станции комплектации и сборки узлов «линза в оправе».

Научная новизна. Сформированы методические указания по вычислению временных характеристик технологических процессов (ТП). Также составлены правила предсказания тупиковых ситуаций и механизмы выхода из тупиковых и аварийных ситуаций.

Краткое описание работы. С точки зрения аппаратной части был проведен анализ имеющегося состава и структуры станции [1] с учетом перечня и функциональных характеристик используемого оборудования, а также взаимодействия его элементов между собой. Схема станции комплектации и сборки узлов «линза в оправе» представлена на рисунок.

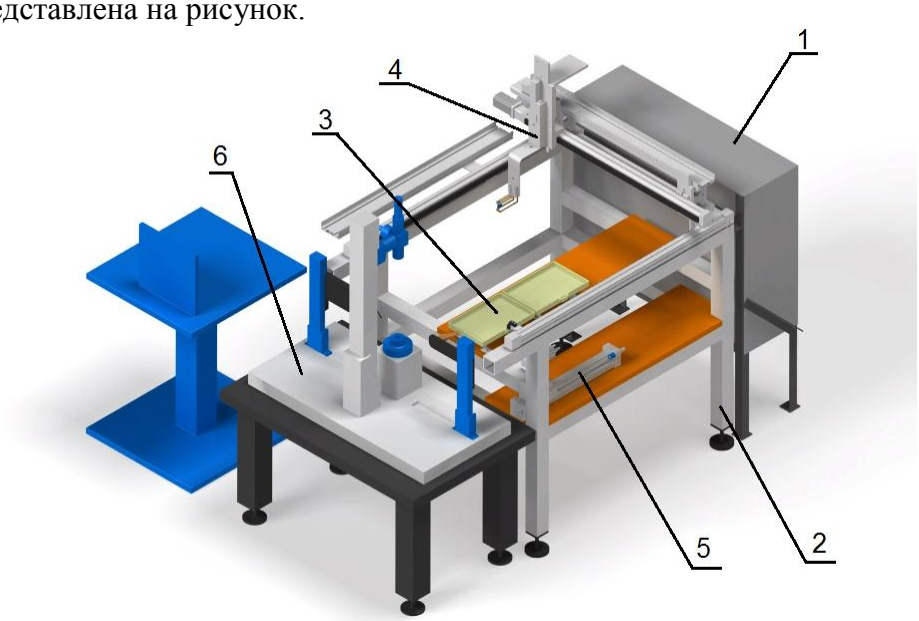


Рисунок. Станция комплектации и сборки узлов «линза в оправе»:
1 – шкаф управления; 2 – каркас станции; 3 – столики для тары; 4 – декартовый робот-манипулятор; 5 – поворотный робот-перекладчик; 6 – измерительно-монтажное устройство «Opticentric»

Также был проведен анализ имеющегося алгоритмического и программного обеспечения. Был определен состав применяемых ТП и составленных на их основе управляющих программ, выявлены области, требующие дальнейшей проработки.

Были выделены проблемные области, и определен перечень первоочередных задач, связанных с необходимостью внесения корректировок и дополнений. Было определено, что имеющееся алгоритмическое и программное обеспечение не позволяет организовывать синхронную работу устройств. В структуре каркаса станции были выявлены неточности, связанные с рабочими зонами устройств. Требования к оснастке приводят к необходимости изменения конструкции имеющихся элементов. Отсутствует полноценный перечень методических указаний к организации работы с нештатными ситуациями.

Для достижения поставленной цели были выделены следующие задачи:

- проектирование и анализ специальной оснастки;
- составление математических моделей системы;
- проведение имитационного моделирования технологической системы;
- составление нового алгоритмического и программного обеспечения станции;
- формирование методических указаний для определения и принятия решений при нештатных ситуациях.

Необходимость пересмотра проектов специальной оснастки связано возникновением новых требований к работе устройств. Также были предложены новые конструктивные решения проблемных мест, выявленных по результатам тестирования предыдущих вариантов. Для снижения вероятности поломки оборудования в конструкции некоторых элементов оснастки были предусмотрены слабые места. В случае аварийной ситуации поломка происходит не в дорогостоящих устройствах, а в оснастке, которую можно быстро заменить. Проектирование нового аппаратного обеспечения проводилось с использованием средств компьютерного моделирования (CAD, CAE). Для обеспечения взаимодействия устройств и обрабатываемых деталей и в связи с возникновением новых требований была переработана имеющаяся и спроектирована и изготовлена специальная оснастка. Проектирование выполнялось с учетом дальнейшего изготовления этих деталей с применением технологий быстрого прототипирования. Оптимизация конструкции изделий осуществлялась на основе результатов инженерного анализа физических процессов. Был выполнен анализ материалов и выбран соответствующий предъявленным требованиям [2].

Необходимость в изменении алгоритмического и программного обеспечения связана с возникновением новых требований, таких как проведение унификации, обеспечение гибкости, прогнозируемости, синхронной работы устройств. Были определены новые задачи для устройств станции, ранее не рассматриваемые. Эти задачи в основном связаны с расширением функций станции, приводящим к разгрузке других элементов автоматизированной линии.

Алгоритмическое и программное обеспечение разрабатывалось на основе имеющегося и в соответствии с функциональными задачами, ставящимися перед станцией [3]. Была проведена унификация обеспечения всего проекта автоматизированной линии сборки за счет введения единичных элементов. Составленные общие ТП разбиты на единичные элементы, формируемые с учетом особенностей работы всех станций линии, в результате чего комбинациями этих единичных элементов можно описать любой ТП. Данное решение обеспечило возможность организации синхронной работы устройств.

Были составлены математические модели работы оборудования. Они составлялись с учетом особенностей работы оборудования и описывают различные возможности его использования. Для декартового робота-манипулятора были составлены формулы для определения продолжительности выполнения работы с

учетом возможности контроля и корректировка ускорений. Были выявлены детерминированные и стохастические операции. На основе составленных математических моделей проведена оптимизация алгоритмического и программного обеспечения, а также рассчитаны временные характеристики ТП. Данное решение обеспечило прогнозируемость работы устройств. Вся информация о временных характеристиках используется в САПР для проектирования и оптимизации ТП в процессе работы системы.

Проведен анализ языков и систем программирования [4] для имеющегося оборудования. На основе алгоритмического обеспечения, спроектированы и разработаны управляющие программы работы устройств станции. Обеспечена гибкость процесса, синхронизация, прогнозируемость и независимость работы устройств. Все программы управления устройствами станции были откорректированы с учетом изменений в структуре станции и усложнением всей системы.

Были проведены работы по тестированию сконструированных элементов специальной оснастки, а также составленных управляющих программ на опытных образцах.

Работа по формированию методических указаний по предсказанию и принятию решений при нештатных ситуациях началась с проведения классификации. Были выделены тупиковые и аварийные ситуации. Тупиковые ситуации связаны с использованием критических ресурсов. Критическим называется ресурс, который может обрабатываться только одним устройством одновременно. Тупиковые ситуации являются предсказуемыми. Для недопущения тупиковых ситуаций были определены критические ресурсы станции и описаны предпосылки, сигнализирующие о возможном возникновении таких нештатных ситуаций. Информация о состоянии критических ресурсов хранится в специальных семафорах. В отличие от тупиковых, аварийные ситуации предсказать практически невозможно, поэтому необходимо разработать перечень действий, которые необходимо принять при возникновении таких ситуаций. Для определения возникновения аварийной ситуации в автоматизированной системе управления станции предусмотрен модуль, занимающийся анализом состояний устройств и сопоставлением этих данных с теми, которые должны быть получены в соответствии с применяемым ТП. Данные о состоянии устройств записываются и хранятся в дескрипторах станций.

В результате проведенной работы были определены состав и структура аппаратного, алгоритмического и программного обеспечения. Было проведено математическое моделирование технологических процессов, имитационное моделирование физических процессов, протекающих в специальной оснастке, и временных процессов для разработанных единичных элементов. Также был составлен перечень решений для предсказания и предотвращения нештатных ситуаций и составлены предложения по повышению безопасности работы станции.

Литература

1. Падун Б.С. Автоматизированная система управления. Часть 1. Общее описание автоматизированной системы управления линией сборки микрообъективов. – СПб, 2011. – 85 с.
2. Параметры материала FullCure RGD720 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://objet.ru/?eid=15&more, своб.
3. Падун Б.С., Евдокимов Ю.А. Технологическая система и технологические процессы. Часть 7. Технологическая система и технологические процессы станции комплектации и сборки узлов «линза в оправе». – СПб, 2013. – 50 с.
4. Руководство по программированию FST/Festo.

Житнухина Елена Эдуардовна
Год рождения: 1981
Естественнонаучный факультет, кафедра экологического приборостроения и мониторинга, группа № 6713
Направление подготовки: 280700 – Техносферная безопасность
e-mail: zhitnukhina_lena@mail.ru

УДК 62-61

РАЗРАБОТКА МЕТОДА БЕЗОПАСНОГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ ГОРЮЧИХ И ВЗРЫВООПАСНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ-ПРОИЗВОДИТЕЛЯХ

Е.Э. Житнухина
Научный руководитель – к.т.н., доцент М.А. Кустикова

Целью работы являлась разработка нового безопасного метода изготовления газовых смесей в системе водород-метан-кислород.

Задачи работы:

- определить основные пожароопасные свойства химических веществ;
- определить основные опасности при производстве газовых смесей;
- рассмотреть основные правила безопасности на производствах горючих и взрывоопасных газовых смесей;
- описать основные методы изготовления газовых смесей, применяемые в настоящее время на предприятиях-производителях стандартных образцов состава газовых смесей;
- определить основные принципы безопасного метода приготовления горючих и взрывоопасных газовых смесей на основе кислорода, водорода, метана;
- провести расчет безопасных концентраций компонентов в системе водород-метан-кислород;
- предложить метод безопасного изготовления газовых смесей в системе водород-метан-кислород.

Большинство промышленных предприятий являются объектами повышенной пожарной опасности, так как их характеризуют сложность производственных процессов и установок, наличие значительного количества огнеопасных жидкостей, горючих газов, твердых сгораемых материалов, большого количества емкостей и аппаратов, в которых находятся пожароопасные продукты под давлением, разветвленной сети трубопроводов с запорно-пусковой и регулирующей арматурой.

При оценке пожарной опасности того или иного технологического процесса необходимо знать, какие огнеопасные и взрывоопасные вещества или смеси используются, получаются или могут образовываться в процессе производства внутри технологических аппаратов или их эксплуатации, при каких условиях и по каким причинам они могут оказаться вне их. Более высокую категорию пожарной опасности имеют предприятия с наличием веществ, способных образовывать взрывоопасные смеси с воздухом.

На таких предприятиях для обеспечения собственной промышленной безопасности используются различные аналитические приборы и методики для контроля протекающих технологических процессов, а также контроля состава воздуха рабочей зоны.

Для поверки, калибровки, градуировки таких средств измерений используют поверочные газовые смеси, в состав которых входят взрывоопасные и горючие газы.

В свою очередь, сами поверочные газовые смеси должны быть безопасными при их изготовлении и использовании, а, следовательно, необходимо обеспечить невозможность воспламенения смесей внутри баллонов и их взрыва.

Основная опасность при эксплуатации баллонов под давлением заключается в возможности их разрушения при внезапном адиабатическом расширении газов и паров (т.е. физический взрыв). Взрыв сопровождается резким повышением давления и возникновением ударной (взрывной) волны, что приводит в итоге к пожарам, разрушениям и травмам людей.

Причинами взрывов баллонов являются: удары (падения), нагрев, вызывающий увеличение давления в баллоне, повышение хрупкости металла при низких температурах, переполнение баллонов сжиженными газами и неправильное использование баллонов, ошибки, допущенные при проектировании и изготовлении сосуда, дефекты материалов, потеря прочности в результате местных перегревов, ударов, отсутствие или неисправность предохранительных клапанов, мембран, запорной и отключающей арматуры.

Особенно опасны взрывы сосудов, содержащих горючую среду, так как осколки резервуаров даже большой массы (до нескольких тонн) разлетаются на расстояние до нескольких сот метров и при падении на здания, технологическое оборудование, емкости вызывают разрушения, новые очаги пожара, гибель людей.

Наиболее опасны при производстве смеси H_2-O_2. Для защиты оператора на производстве необходимо использовать дополнительные защитные конструкции. Приготовление таких «гремучих смесей» проводят в специальной камере, где оператор газосмесительной установки защищен от ударной волны и металлических осколков кирпичной стеной. А от увеличенного давления его защищает легкая конструкция крыши или окна с большой площадью.

В работе мы проводили расчеты взрывобезопасных концентраций компонентов на примере коксового газа, который широко используется в металлургической промышленности.

Коксовый газ представляет собой смесь газообразных продуктов сухой перегонки каменного угля в коксовых батареях. В зависимости от места добычи угля и технологии выработки, коксовый газ содержит (в об.%): 40–60 водорода, 20–30 метана, 5–12 оксида углерода, 1,5–4 тяжелых углеводородов, 1,5–14 азота, 2–3 углекислого газа и 0,4–1 кислорода.

Основными параметрами, характеризующими горючие и взрывоопасные смеси, являются нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени (ВКПР и НКПР).

Нижний (верхний) концентрационный предел распространения пламени – минимальная (максимальная) концентрация горючего вещества (газа, паров горючей жидкости) в однородной смеси с окислителем (воздух, кислород и др.) при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания (открытое внешнее пламя, искровой разряд).

Внутри этих пределов смесь горюча, а вне их – смесь гореть неспособна, т.е. при поджигании смесей, состав которых выходит за эти пределы, стационарное пламя не образуется, и реакция, вызванная поджигающим импульсом, затухает на некотором расстоянии от места ее инициирования.

Характеристики НКПР и ВКПР в воздухе при атмосферном давлении и температуре 20°С установлены в соответствии с ГОСТ 51330.19-99. Концентрационные пределы распространения пламени необходимы при расчетах взрывобезопасных концентраций газов и паров в оборудовании и коммуникациях, безопасных

температурных режимов работы оборудования, проектировании вентиляционных систем, оценке аварийных ситуаций и др.

В таблице приведены значения концентрационных пределов распространения пламени для воздушных и кислородных смесей основных горючих веществ (компонентов) при атмосферном давлении и комнатной температуре.

Таблица 1. Концентрационные пределы распространения пламени

Горючее вещество		Воздушные смеси		Кислородные смеси	
Название	Формула	π_{min} объемная доля, %	π_{max} объемная доля, %	π_{min} объемная доля, %	π_{max} объемная доля, %
Водород	H_2	4,0	77	4,0	96
Окись углерода	CO	10,9	74	15,5	94
Метан	CH_4	4,4	17	5,1	61
Пропан	C3H8	1,7	10,9	2,3	55
Бутан	C4H10	1,4	9,3	1,8	49

Итак, существует область между НКПР и ВКПР, в пределах которой возможен взрыв, и безопасная область – до НКПР. В этой безопасной области возможен процесс приготовления газовых смесей на основе горючих компонентов.

Для определения закономерности для пределов взрываемости в системах горючие-окислитель-инертный газ рассмотрим два случая:

1. многокомпонентная газовая смесь, обедненная горючими газами, т.е. с концентрациями менее НКПР смеси;
2. многокомпонентная газовая смесь, обедненная окислителем, т.е. с концентрациями наиболее распространенного окислителя, не достаточными для инициации самоускоряющейся окислительно-восстановительной реакции.

В случае обедненной смеси горючим газом для расчета максимальной концентрации горючих компонентов можно воспользоваться правилом Ле Шателье.

В основе данного правила – предположение о том, что горючие свойства сложной смеси аддитивны, т.е. превращение в пламени каждого из ее компонентов не оказывает взаимного каталитического или ингибирующего влияния. Наиболее наглядна следующая формулировка правила Ле Шателье: многокомпонентная смесь, составленная из нескольких бинарных смесей предельного состава, взятых в произвольных соотношениях, также является предельной. Это правило можно представить в следующем выражении:

$$L_{см} = \sum_i L_i \ , \qquad (1)$$

где $L_{см}$ – % НКПР смеси; L_i – % НКПР, рассчитанные для индивидуального – горючего компонента, входящего в состав многокомпонентной смеси; i – горючий компонент смеси.

Приведем пример расчета для системы водород-метан-кислород. Предположим, состав газовой смеси: объемная доля водорода H_2 1%, метана CH_4 1%, кислорода O_2 98%.

В соответствии с ГОСТ Р 51330.19-99 находим предельные концентрации для горючих компонентов входящих в состав смеси и рассчитываем для заданных концентраций L_i.

L_{H_2} =25,0% НКПР,

L_{CH_4} =22,7% НКПР.

Таким образом, из уравнения (1) находим суммарное значение НКПР для смеси равное 47,7% НКПР.

Смесь, обедненная окислителем.

Для случая обедненной кислородом и обогащенной горючими газами смеси необходимо понимать отличие ВКПР от «предельного содержания кислорода в смесях с горючим газом».

ВКПР можно пользоваться в расчетах только для смесей в воздухе, т.е. содержащих кислород и азот в «воздушном соотношении».

Характеристика «предельного содержания кислорода в смесях с горючим газом» дает возможность проводить расчеты для любых сложных систем со многими горючими газами.

НКПР и ВКПР – ограничивают мыс области взрываемости, т.е. такой состав газовых смесей, когда еще возможно стационарное горение. А при попытке поджечь смеси, состав которых выходит за эти пределы, стационарное пламя не образуется и реакция, вызванная нагреванием в локальной зоне инициирования, затухает на некотором от нее расстоянии.

Предельное содержание кислорода в смесях с горючим газом Y – такая концентрация кислорода, при которой стационарное горение невозможно при любом соотношении других компонентов.

Характеристику смеси «предельное содержание кислорода» широко используют в технологических задачах, контролируя и регулируя содержание кислорода в перерабатываемых смесях, достигают рационального обеспечения взрывобезопасности.

Экспериментальные данные Y приведены в литературе.

Y_{CH_4} =12,1%,

Y_{H_2} =5%.

Соответственно, для смесей обогащенных водородом допустимое содержание кислорода не более 2,5%, а для смесей обогащенных метаном содержание кислорода не более 6%, т.е. с двойным запасом от опасных содержаний.

При изготовлении газовых смесей используют различные методы:

- метод парциальных давлений;
- гравиметрический метод;
- динамический метод.

1. Смешивание по парциальному давлению. Метод смешивания по парциальному давлению основан на том факте, что процентное содержание конкретного газа в газовой смеси прямо пропорционально его парциальному давлению в смеси. На практике в пустой баллон сначала перепускают целевой компонент или компонент с меньшим расчетным парциальным давлением из транспортного баллона или группы баллонов, а затем газ-разбавитель до конечного давления. Давление в баллоне, в который перепускают газы контролируют по манометру.
2. Гравиметрический метод. Гравиметрический метод основан на взвешивании баллона после добавления каждого вещества. Для повышения точности практикуют метод многократного разбавления.
3. Метод динамического смешивания. Суть этого метода в дозировании в смеситель измеренного количества компонентов при атмосферном давлении. Смесь после смесителя подается на вход обычного воздушного компрессора, а оттуда – в баллоны или газовые хранилища. На выходе смесителя может устанавливаться газоанализатор, регистрирующий процентное содержание компонентов в смеси.
4. Расчет давления взрыва. При изготовлении газовой смеси манометрическим методом, т.е. последовательном дозировании компонентов в баллон, по мере наполнения в газовой смеси внутри баллона происходит изменение соотношения содержания компонентов. Газовая смесь в момент наполнения представляет собой

взрывоопасную смесь, для инициации которой не хватает только начального импульса.

Инициатором могут быть различные источники – микроискра, статический разряд, трение газа при его течении в канале вентиля и т.п.

С целью обеспечения безопасной работы оператора необходимо произвести расчеты возможной нештатной ситуации, когда наполняемая в баллон смесь воспламенится.

При расчете давления взрыва для системы водород-кислород необходимо учитывать, что давление при взрыве может возрасти в 10 раз. Этот рост давления связан с ростом температуры газа внутри постоянного объема (сосуда) и не учитывает ударные волны. Соотношение давление взрыва к начальному давлению смеси P_{ex}/P_0 мало зависит от начального давления газовой смеси.

Гравиметрический метод и метод смешивания по парциальному давлению являются опасными, так как при их применении необходимо проходить через пороги взрываемости.

Динамический метод обеспечивает:

1. наибольшую безопасность, так как смесь изготавливается на низком давлении и не требует прохождения через мысы взрываемости;
2. высокую точность, так как при низком давлении газов различие между реальными газами и их идеальным приближением минимально;
3. возможность изменения состава смеси в процессе приготовления.

В ООО «МОНИТОРИНГ» разработана динамическая установка изготовления газовых смесей – государственных стандартных образцов поверочных газовых смесей в баллонах под давлением (рисунок).

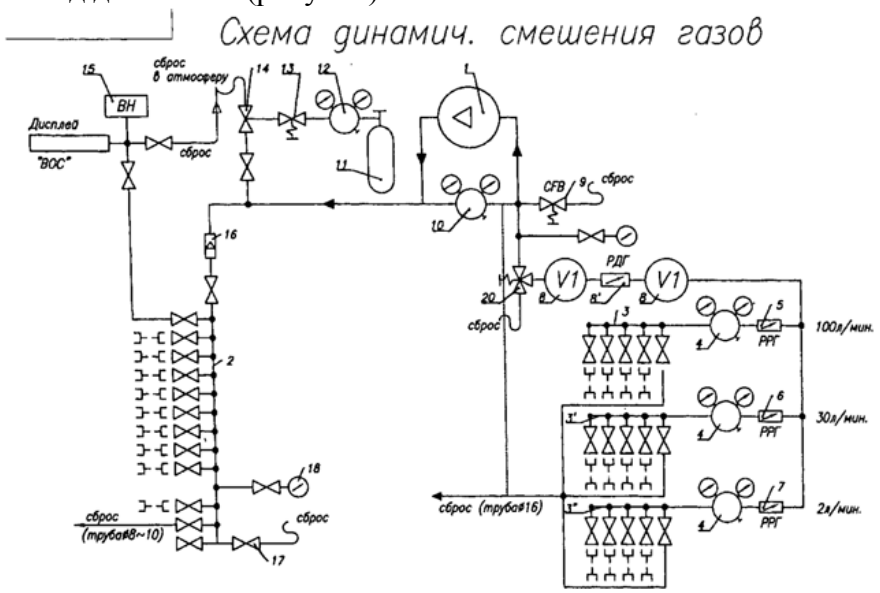


Рисунок. Схема динамической установки

Принципиальным отличием данной установки ООО «МОНИТОРИНГ» от других, в том числе всех описанных в ИСО 6145, является принцип действия датчиков. В установке применили современные кориолисовые датчики массового расхода.

Принцип измерения основан на сравнительно новом методе, использующем эффект Кориолиса, и имеет ряд запатентованных инженерных решений. Газ течет по двум параллельным изогнутым в форме петли трубкам. Силы Кориолиса, действующие на газ, вызывают сдвиг фаз колебаний трубок, который измеряется сенсорами и подается на встроенный цифровой регулятор. Выходной сигнал точно пропорционален массовому расходу. Принципиальным отличием этих датчиков от других является их

высокая точность. Погрешность газовых смесей, изготавливаемых на такой динамической установке, меньше погрешности смесей, изготавливаемых на динамических установках с другими типами датчиков.

Если установку такого типа применить для изготовления горючих, взрывоопасных газовых смесей, заранее рассчитав по предложенным методам, что конечная смесь является безопасной и воспламенить ее невозможно — это будет наиболее безопасным методом из существующих.

В результате работы:

- определены основные пожароопасные свойства химических веществ;
- определены основные опасности при производстве газовых смесей;
- рассмотрены основные правила безопасности на производствах горючих и взрывоопасных газовых смесей;
- описаны основные методы изготовления газовых смесей, применяемые в настоящее время на предприятиях-производителях стандартных образцов состава газовых смесей;
- определены основные принципы безопасного метода приготовления горючих и взрывоопасных газовых смесей на основе кислорода, водорода, метана;
- проведен расчет безопасных концентраций компонентов в системе водород-метан-кислород;
- предложен метод безопасного изготовления газовых смесей в системе водород-метан-кислород.

Литература

1. Полевой Г.В., Сухинин Г.К. Газопламенная обработка металлов. Учебник. – М.: Академия, 2005. – 336 с.
2. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – Введ. 01.07.1992. – М.: Стандартинформ, 2006. – 68 с.
3. ГОСТ 12.1.010-76. Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования. – Введ. 01.01.1978. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 6 с.
4. ГОСТ 12.1.044-89. ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – Введ. 01.01.1991. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 99 с.
5. ГОСТ Р ИСО 6142-2008. Анализ газов. Приготовление градуировочных газовых смесей. Гравиметрический метод. – Введ. 01.09.2009. – М.: Стандартинформ, 2009. – 35 с.
6. ГОСТ Р ИСО 6144-2008. Анализ газов. Приготовление градуировочных газовых смесей. Статический объемный метод. – Введ. 01.12.2009. – М.: Стандартинформ, 2009. – 27 с.
7. Мурашов В.А. Инструкция по охране труда при эксплуатации, хранении и транспортировке баллонов со сжиженными и сжатыми газами № 31.
8. ИСО 6145 (все части). Анализ газов. Приготовление газовых смесей для калибрования с использованием динамических объемных методов.
9. Розловский А.И. Основы техники взрывобезопасности при работе с горючими газами и парами. – 2-е изд., перераб. – М.: Химия, 1980. – 376 с.
10. Schroeder V., Holtappels K. Explosions Characteristics of Hydrogen-Air and Hydrogen-Oxygen Mixtures at Elevated Pressures/Bundesanstalt fur Materialforschung und – pruefung (BAM), Unter den Eichen 87, 12205 Berlin, Germany. – 12 p.

Захаров Дмитрий Сергеевич
Год рождения: 1990
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6113
Направление подготовки: 230100 – Информатика и вычислительная техника
e-mail: zacharovd@gmail.com

УДК 519.688

АЛГОРИТМЫ СТЫКОВКИ И МОДИФИКАЦИИ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА

Д.С. Захаров
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Тропченко

Практически в любой современной технологии синтеза речи в качестве одного из этапов присутствует цифровая обработка. Модификации подвергаются различные параметры сигнала, будь то длительность, тембр, энергия, тон и другие. Немалую роль акустическая постобработка играет и в конкатенативном синтезе, основанном на составлении сообщения из предварительно записанного словаря исходных элементов. При модификации вокализованных частей речевого сигнала необходимо учитывать их тональную составляющую. Для решения этой задачи часто используется периодосинхронные алгоритмы. Они применяются к отдельным периодам основного тона вокализованных сигналов, которые выделяются на этапе подготовки речевого корпуса. Это позволяет экономить вычислительные ресурсы при работе системы, но требует больших трудозатрат на подготовку базы. Таким образом, в условиях ограничения времени подготовки базы в разметке на периоды основного тона могут появляться ошибки, что в конечном итоге приводит к ухудшению качества синтезированной речи после модификации [1].

Основной **целью работы** являлся анализ и улучшение процедуры постобработки речевого сигнала в существующей системе синтеза речи. Часть выявленных недостатков системы удалось частично компенсировать за счет разработанных и внедренных алгоритмов: метода оценки сегментации элементов для последующей селективной модификации, метода сглаживания основного тона на основе декомпозиции огибающей, алгоритма модификации длительности по оценке кросс-корреляции.

Так как модификация элементов с некорректной разметкой вносит больший дискомфорт, чем отклонения живого тона или длительности от заранее определенных, предложен алгоритм предварительной оценки разметки элементов. В его основе предположение о медленном изменении основного тона от периода к периоду. Оценка – скользящее среднее, построенное по решающему принципу.

$$L'_i = \begin{cases} L_i, D \le 0{,}2 \\ 2MA_i - MA_{i-1}, D > 0{,}2 \end{cases} \quad (1)$$

где $D = \frac{|MA_i - L_i|}{\min(MA_i, L_i)}$ – относительное отклонение длительности; $MA_i = \frac{L'_{i-1} + L'_{i-2} + \cdots + L'_{i-n}}{n}$ – среднее значение на заданном интервале.

Как видно из формулы (1), вектор новых длительностей периодов основного тона определяется по степени его отклонения от скользящего среднего, и может совмещать в себе как исходные значения, так и ожидаемые. Анализ периодов идет последовательно в прямом и обратном направлении относительно начальной точки. Она, в свою очередь

определяется согласно формуле (2), на участке с минимальным суммарным отклонением от среднего:

$$k = \arg\min_{i=\{n\dots N\}}\left(\sum_{j=i-n}^{i} |MA_i - L_i|\right). \quad (2)$$

В дальнейшем замененный период помечается как немодифицируемый. В зависимости от найденного количества забракованных периодов и их длительности относительно всего элемента принимается решение о том, как стоит модифицировать считанный элемент. Если количество таких периодов больше четверти от общего числа, или если их длительность больше четверти от общей, то такой элемент или не модифицируется, или модифицируется алгоритмами, не использующими разметку.

Практика синтеза показала, что модификация длительности сигнала для сохранения темпо-ритмического контура приоритетнее других видов модификации. Ранее для этой задачи использовался периодосинхронный алгоритм, который в условиях ошибочной разметки порождал искажения в синтезируемой речи. По этой причине из литературы был выбран алгоритм WSOLA [2], не использующий кроме самого модифицируемого речевого сигнала других исходных данных.

Результирующий речевой сигнал с заданной длительностью синтезируется из фрагментов исходного, объединенных с перекрытием. Основанием для выбора фрагментов является мера их схожести, которая может рассчитываться как нормализованный коэффициент кросс-корреляции (3), или как амплитудно-дифференциальная функция (4).

$$C_N = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} x(i)\cdot y(i)}{\sum_{i=0}^{N-1} x(i)^2}. \quad (3)$$

$$C_A = \sum_{i=0}^{N-1} |x(i) - y(i)|. \quad (4)$$

Для C_N значение, равное единице, подразумевает максимум корреляции. При этом сам показатель может быть и больше. Для C_A наибольшей корреляции соответствует 0 – т.е. отсутствие разницы между фрагментами.

Так как вычислительная сложность WSOLA больше изначально используемого алгоритма, а качество синтезируемой речи сопоставимое, то его применение ограничено элементами с некорректной разметкой, выявленными согласно методу, описанному выше. Некоторый выигрыш быстродействия удается достигнуть за счет организации поиска, особенность которого в том, что он осуществляется в два прохода – первый «грубый поиск» с некоторым шагом, и второй более точный в окрестностях найденной точки. Это позволяет тратить меньше вычислительных ресурсов.

Также в работе решалась проблема сглаживания огибающей основного тона при конкатенации речевых элементов. Объединяемые между собой элементы могут не совпадать по основному тону на границе, как это показано на рис. 1, а. В этом случае огибающая сглаживалась на основании кривой Безье. Однако это в недостаточной мере устраняло разрыв на границе, и в то же время могло сильно повлиять на небольшие отклонения основного тона, что также не желательно.

Автором для решения этой задачи предложен алгоритм, основанный на декомпозиции кривой на высокочастотную и низкочастотную составляющие с применением простейшего КИХ-фильтра на одном коэффициенте (5).

$$\bar{p}_m[i] = \alpha \cdot \bar{p}[i] + (1-\alpha)\cdot \bar{p}_m[i-1], \quad (5)$$
$$\bar{p}_f = \bar{p} - \bar{p}_m,$$

где $\bar{p}_m$ и $\bar{p}_f$ – низкочастотная и высокочастотные составляющие, α – коэффициент фильтра низкой частоты.

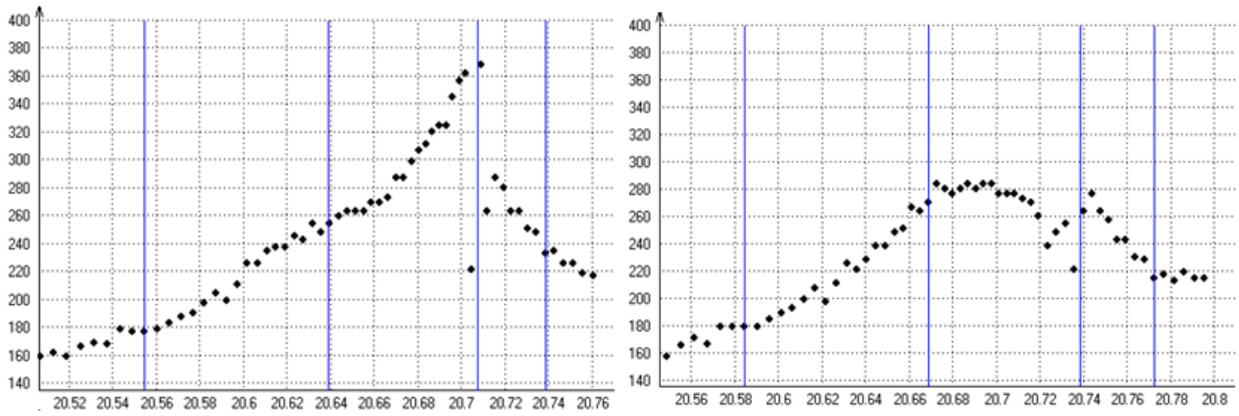


Рис. 1. Сглаживание огибающей основного тона: фрагмент без использования сглаживания (а); пример использования сглаживания (б)

Исходная огибающая при этом рассматривается как два сигнала – от начала до разрыва, и от разрыва до конца. Далее низкочастотная составляющая линеаризуется и к ней добавляется высокочастотная составляющая, после чего согласно получившейся кривой модифицируются отдельные периоды [3]. В результате тон речи получается сглаженный с сохранением первоначальных пульсаций (рис. 1, б), что необходимо для сохранения «живости» речи.

Помимо отдельной оценки каждого из предложенных алгоритмов, проведена совокупная экспертная оценка синтезированной речи, результаты которой приведены на рис. 2. Исходный материал – набор аудио книг, зачитанных диктором – женщиной. Этот материал использовался при организации конкурса синтезаторов речи Blizzard 2013. Дополнительно в эксперименте оценивались три лучших системы по данным этого конкурса. В исследовании участвовало 6 экспертов. Критерии экспертной оценки MOS (MeanOpinionScore) стандартны [4].

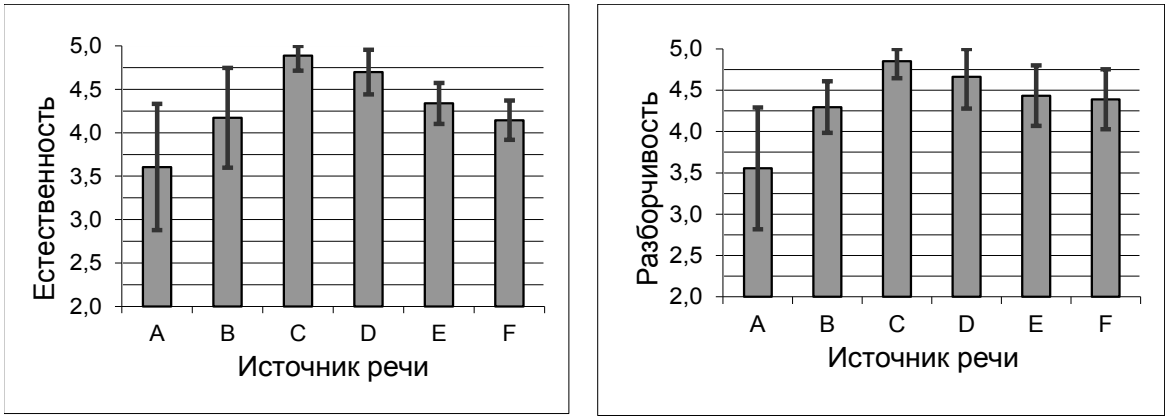


Рис. 2. Оценка качества синтезированной речи на материале Blizzard 2013: A – без использования специальных методов подготовки базы и модификации; Б – с использованием; C – естественная речь; D–F – системы, занявшие призовые места в конкурсе Blizzard 2013

Следует отметить, что данные алгоритмы входят в комплекс методов, предназначенных для ускорения подготовки речевых корпусов. Помимо представленных средств модификации и конкатенации используются методы сегментации с применением технологии распознавания речи, оптимизированного под определенного диктора, методы фильтрации исходного материала для выделения наиболее подходящих для синтеза элементов, а также некоторые другие решения [1].

Исходный материал был полностью автоматически обработан, т.е. оценивалась эффективность не только описанных алгоритмов, но и всего корпуса.

Обобщая результаты работы, отметим следующее:

- разработан и внедрен ряд алгоритмов, улучшающих процедуру модификации и позволяющих сократить время подготовки речевых баз для системы синтеза речи;
- предварительная оценка сегментации элементов позволяет применять селективный подход к модификации речевых элементов, комбинируя положительные стороны используемых решений;
- реализация алгоритма модификации длительности WSOLA позволяет сохранять высокое качество синтезируемой речи вне зависимости от исходной разметки элементов;
- предложенный метод сглаживания огибающей основного тона позволяет устранить его разрыв при конкатенации и сохранить небольшие пульсации;
- проведенная экспертная оценка синтезированной речи демонстрирует эффективность предложенных решений.

Литература

1. Чистиков П.Г., Таланов А.О., Захаров Д.С., Соломенник А.И. Технология синтеза естественной речи с использованием базы данных небольшого объема // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2014.– № 4(92). С. 83–90.
2. Grofit S., Lavner Y. Time-Scale Modification of Audio Signals Using Enhanced WSOLA With Management of Transients // IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing. – 2008. – V. 16. – № 1. – P. 106–115.
3. Chistikov P., Talanov A.A. High Quality Pitch-Scale Modification in Speech Generation Systems // SPECOM 2011 International Conference. – 2011. – P. 367–372.
4. ГОСТ Р 50840-95. Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости. – Введ. 01.01.1997. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. – 234 с.

Казурова Дарья Константиновна
Год рождения: 1991
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа № 6301
Направление подготовки: 200400 – Оптотехника.
200400.01 – Компьютерная оптика
e-mail: miss13_55@mail.ru

УДК 681.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ПОДСВЕТКИ ОБЪЕКТА НА ИЗОБРАЖАЮЩИЕ СВОЙСТВА СИНТЕЗИРОВАННЫХ ГОЛОГРАММ-ПРОЕКТОРОВ ФРЕНЕЛЯ

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

В данной работе приводятся результаты эксперимента, в ходе которого исследовалось влияние условий подсветки объекта на изображающие свойства синтезированных голограмм проекторов Френеля и выработка оптимальных условий

для синтеза и восстановления голограмм-проекторов. Фотолитографический процесс, в рамках совершенствования которого выполнялась работа, широко используется для производства полупроводниковых приборов. На сегодняшний день наметилась тенденция к разделению подходов к фотолитографическим технологиям, используемым для изготовления различных электронных, оптоэлектронных и дисплейных элементов и систем. Для первого подхода основной задачей является стремление к более высокому разрешению, что приводит к необходимости применения малых полей зрения, при втором же подходе для ускорения производственных процессов и понижения стоимости продукции первоочередным является использование широких полей зрения при достаточно высоком разрешении. При этом уменьшения минимального отображаемого характеристического размера изготавливаемых структур добиваются путем увеличения разрешающей способности используемых для этих целей оптических систем. Традиционный метод повышения разрешения основан на увеличении апертуры объектива и уменьшения длины волны. Он приводит к постепенному переходу в коротковолновую область, в том числе и экстремально коротковолновую ультрафиолетовую и рентгеновскую, для которых нет оптически-прозрачных материалов. Так при работе на длине волны 13 нм могут использоваться только зеркальные объективы. Существенными недостатками зеркальных систем является: малое поле зрения, необходимость большого количества отражающих поверхностей и сложность их изготовления. Все вышеперечисленное приводит к необходимости поиска альтернативных методов фотолитографии. Одним из перспективных вариантов решения данной проблемы является использование отражательных рельефно-фазовых голограмм, так как в этом 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. Диффузная подсветка может быть весьма полезной при синтезе голограмм, характеризующихся различными размерами элементов их структуры. Например, позволяет повысить равномерность распределения амплитуды объектной волны по апертуре голограммы и устранить при этом зависимость апертуры объектной волны от размера элементов структуры объекта. А ответ на вопрос – достаточно ли для восстановления изображения, полностью идентичного исходному объекту с максимально возможным разрешением, учитывать лишь часть дифрагировавшего на объекте излучения, соответствующего главному максимуму дифракционной картины – позволит существенно сократить временные и ресурсные затраты на процесс синтеза и восстановления голограмм-проекторов.

Основной **целью работы** являлось исследование влияния условий подсветки объекта на изображающие свойства синтезированных голограмм-проекторов Френеля. В ходе эксперимента, проводимого на базе разработанного на кафедре ПиКО Университета ИТМО программного комплекса для синтеза и восстановления голограмм-проекторов Френеля, задавались длина волны излучения 13,5 нм при размере пикселя объекта 80×80 нм^2. Размер пикселя голограммы при этом принимался равным 20×20 нм^2, расстояние от голограммы до объекта – 20,3 мкм, угол падения опорной волны выбирался исходя из данных, изложенных в работе [1] и составлял 14,7°. Величина апертурного угла, заданная в относительных единицах, изменялась с шагом 0,25 в пределах от 0,75 до 2,75 о.е. В качестве объектов исследования были выбраны три типа бинарных транспарантов (рис. 1).

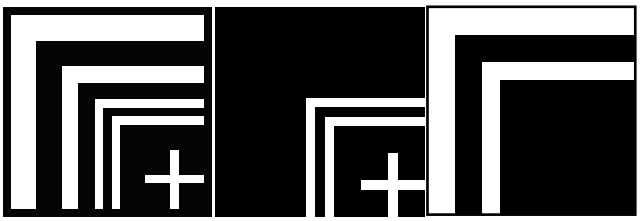


Рис. 1. Изображения тест-объектов «уголки» (а); второго типа (б); третьего типа (в)

Изображение первого тест-объекта «уголки» представляет собой бинарный амплитудный транспарант размером 23×23 pix, что соответствует размеру 1840×1840 нм, состоящий из креста шириной в 1 pix и полосок шириной в 1, 2 и 3 pix соответственно.

Изображение тест-объекта второго типа – «узкий» объект состоит из двух узких уголков и креста. Каждый элемент шириной в 1 pix, т.е. по 80 нм.

Изображение тест-объекта третьего типа – «широкий» тестовый объект, или объект третьего типа, состоит из двух широких уголков, шириной по 3 и 2 pix, что соответствует 240 и 160 нм.

«Узкий» и «широкий» объекты получены из стандартного объекта путем «стирания» части линий. В результате вместо четырех уголков разной ширины получаются два уголка и крест, толщиной в 1 pix, для объекта второго типа, и два уголка, толщиной в 3 и 2 pix, для объекта третьего типа.

В качестве критерия качества изображения был взят интервал уровней пороговой обработки, при котором структура полученного изображения полностью соответствовала структуре исходного объекта исследования. При этом оптимальным считался такой уровень бинаризации, при котором этот интервал максимален. Пороговая обработка, осуществляемая в графическом редакторе Adobe Photoshop, имитирует реакцию фоторезиста на засветку актиничным излучением.

Целесообразность введения интервала уровня порога как критерия качества восстановленного изображения объясняется тем, что потеря качества восстанавливаемых изображений выражается, прежде всего, в появлении дополнительных изображений – помех, которые могут накладываться на основное изображение и искажать его структуру.

При этом допустимые в голографическом фотолитографическом процессе значения обусловленных этими помехами вариаций интенсивности восстановленного изображения определяются пороговыми свойствами фоторезиста.

При цифровом восстановлении голограмм, полученных при значениях учитываемой апертуры, равных и превышающих единицу всегда находился некоторый интервал уровней пороговой обработки изображения, позволяющий получать изображения, структура которых была идентична структуре исходного объекта. На рис. 2 представлены графики зависимости ширины допустимого интервала уровней пороговой обработки изображения от величины учитываемой апертуры для всех использованных в работе типов тестовых объектов.

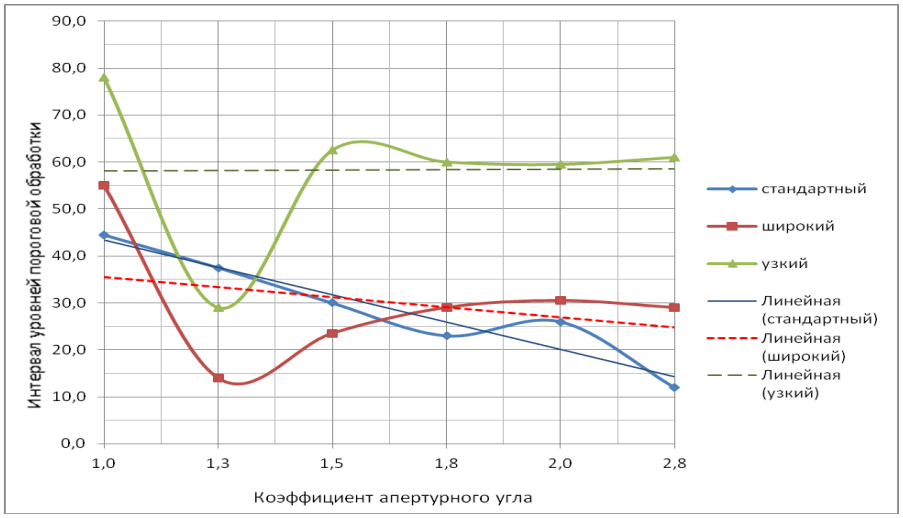


Рис. 2. Зависимость допустимого интервала уровней пороговой обработки изображения от величины учитываемой апертуры для всех использованных в работе типов тестовых объектов

Использование диффузной подсветки объекта при записи голографических дисплеев в ряде случаев представляется весьма полезным, поскольку позволяет повысить равномерность распределения амплитуды объектной волны по апертуре голограммы и устранить при этом зависимость апертуры объектной волны от размера элементов структуры объекта. Апертура объектной волны в этом случае будет полностью определяться элементом структуры диффузора, обеспечивающего подсветку объекта. Реализуемый при этом случайный сдвиг фаз излучения, прошедшего через соседние элементы структуры диффузора обеспечивает избыточность голографической записи и, как следствие этого, наличие спеклов в восстановленном изображении.

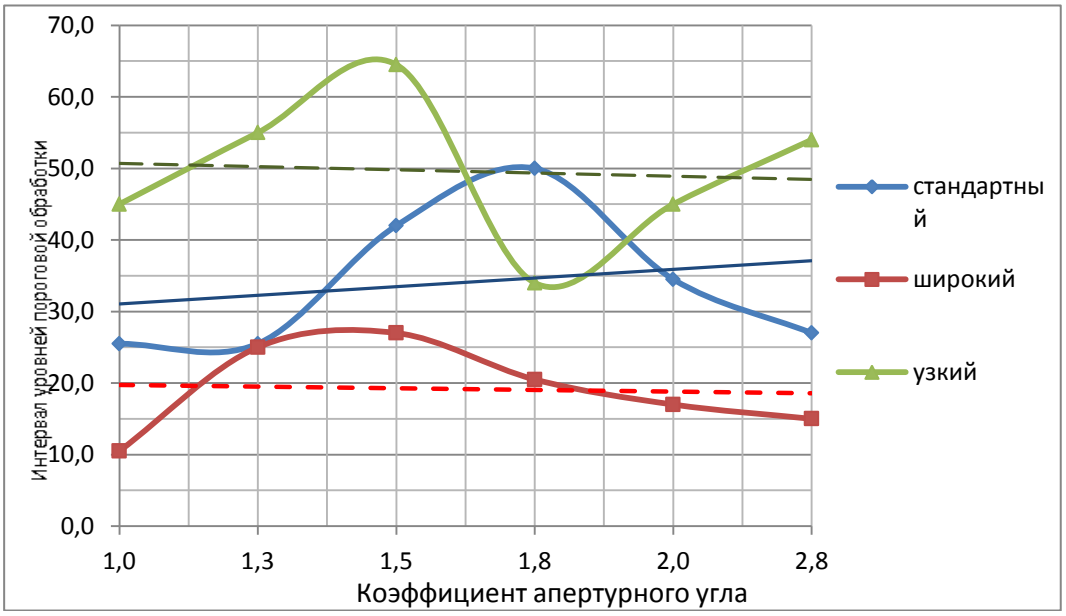


Рис. 3. Зависимость ширины допустимого интервала уровней пороговой обработки изображения от величины учитываемой апертуры изменения при случайном изменении фазы подсвечивающего объект излучения в пределах от 0 до π

Из представленных графиков (рис. 3) видно, что применение диффузной подсветки объекта при синтезе голограмм-проекторов оказало наименьшее влияние на

изображение тестового объекта, состоящего из узких линий, шириной в один пиксель. Экспериментальные данные полностью соответствуют теоретическим, поскольку диффузная подсветка, в этом случае, приводила, в основном, лишь к изменению начальной фазы отдельных точек объекта. Иной результат наблюдался при анализе изображений, тестовых объектов первого и третьего типов. В этих случаях информационная избыточность голограммы сводила к нулю эффект уменьшения допустимого интервала уровней пороговой обработки с ростом учитываемой апертуры объектного пучка.

Основные результаты можно сформулировать следующими выводами:

- величина коэффициента апертуры не должна быть меньше 1, так как при уменьшении этого параметра наблюдается значительная потеря разрешения. А также величина коэффициента апертуры не должна превышать 2, иначе наблюдаются шумы, и возрастает время, затраченное на синтез такой голограммы. Оптимальный для синтеза коэффициент апертуры, равный 1, обеспечивает наилучшее качество изображения при минимальных затратах вычислительных и аппаратных ресурсов;
- наиболее оптимальный уровень бинаризации лежит в пределах 80–85 градаций серого. Именно в этом интервале бинаризации наблюдается высокий уровень пороговой обработки полученных изображений;
- в результате проведенного с помощью комплекса исследования зависимости качества изображения, восстанавливаемого с помощью синтезированных голограмм-проекторов от учитываемой при синтезе голограммы апертуры объектного пучка лучей установлено, что в рамках применяющейся нами модели формирования голографического поля, основанной на принципе Гюйгенса–Френеля, вполне достаточным и оптимальным будет учет при синтезе голограммы лишь части дифрагированного излучения, локализованного в главном максимуме картины дифракции излучения на структуре объекта;
- экспериментально установлено, что применение диффузной подсветки объекта при синтезе голограмм-проекторов Френеля не приводит к появлению спеклов в восстановленном изображении и не обеспечивает какое-либо заметное повышение качества восстановленного изображения.

Литература

1. Корешев С.Н., Никаноров О.В., Козулин И.А. Выбор параметров синтеза голограмм-проекторов для фотолитографии // Оптический журнал. – 2008. – Т. 75. – № 9. – С. 29–34.
2. Корешев С.Н., Никаноров О.В., Иванов Ю.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.
3. Кольер Р., Беркхард К., Лин Л. Оптическая голография. – М.: Мир, 1973. – 698 с.

Калдыбеков Таннур Ерлановия
Год рождения: 1990
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6111
Направление подготовки: 230100 – Информатика
и вычислительная техника
e-mail: kaldybekov.tannur@gmail.com;
kentaunuri@mail.ru

УДК 535.31; 53.072; 62.51

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ, АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММ КАЗАХСКО-АНГЛИЙСКОГО МАШИННОГО ПЕРЕВОДА

Т.Е. Калдыбеков
Научный руководитель – д.т.н., доцент И.А. Бессмертный

В данной работе исследуется технология создания программных продуктов машинного перевода (МП) с казахского языка на английский язык с применением гибридного подхода. Применяемый подход сочетает в себе подход, основанный на правилах (rule-based approach), и статистический подход (statistical approach).

В связи с увеличивающейся ролью Республики Казахстан на международной арене, значительно вырос интерес к нашей стране со стороны мирового сообщества. Общепризнанным международным языком является английский язык. Официальным языком Республики Казахстан является казахский язык. Объем работы переводчиков увеличивается год от года. Соответственно, создание средств автоматизированного перевода с казахского языка на английский язык в настоящее время является одной из актуальных задач.

Цель работы – на основе синтаксического анализа сделать перевод текста, во-первых, подходящим грамматике казахского языка, во-вторых, соблюдая порядок слов предложения на казахском языке, в-третьих, поставив все знаки препинания, в-четвертых, придумать программу, в которой перевод будет сделан со всеми правилами морфологии казахского языка. По сравнению с другими работами этой деятельности, данная работа отстает по таким параметрам, как невозможность интегрирования в офисных приложениях переводчика, словарный запас около 2000 слов, это 300-ая часть всех словарей переводчиков. Необходимо отметить, что предлагаемый алгоритм перевода может переводить конструкции разных языков на достаточном уровне. При дальнейшем развитии этого алгоритма и при получении разных математических примеров, он может обладать качественным переводом, в коммерческой основе совпадает с точностью других переводчиков.

Во время перевода предложения с казахского языка на английский язык используются следующие модули (рис. 1):

- лексический модуль анализа простых слов в предложении казахского языка, состоящий из переведенных предложений. Данный модуль учитывает специфику корней казахского языка и морфемы;
- модуль синтаксического анализа грамматики в простых предложениях казахского языка, процесс анализа предложений по составу. Данный модуль учитывает синтаксис казахского языка и нормативные особенности;
- модуль многозначных слов и словосочетаний, применяемый для того чтобы перевести многозначные слова;

- модуль перевода простых предложений с казахского на английский язык. Данный модуль учитывает строгое соблюдение порядка слов, и согласно докладу строения вводного (казахского) языка, найти сходства в исходящем (английском) языке;
- для того чтобы установить перевод, модуль формирования перевода на английском языке применяет результаты всех приведенных работ;
- в базе лексических данных (БД) сохраняются данные о переводе словосочетаний с казахского языка на английский;
- исторический текст в области предмета с помощью модуля обработки словосочетаний и многозначных слов применяется для статистического анализа;
- база статистических данных сохраняет информацию об их совместимости с помощью схем двух языков.

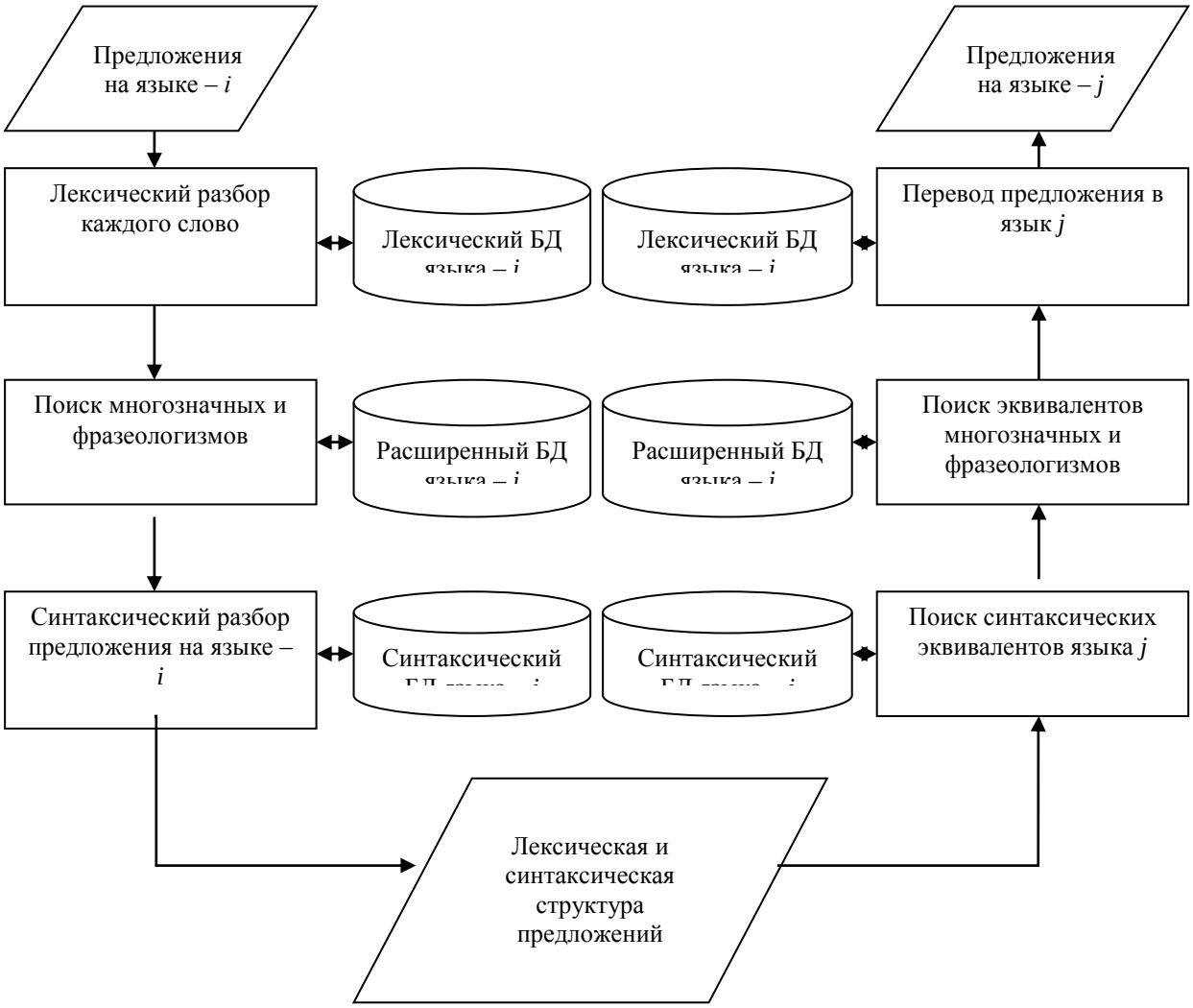


Рис. 1. Концептуальная модель машинного перевода

Таким образом, перевод простого предложения с казахского языка на английский состоит из следующих этапов:

1. введенное предложение делится на слова. С помощью модуля лексического анализа и информации в БД анализируется каждое слово, определяются все его грамматические характеристики;
2. в результате лексического анализа производится синтаксический анализ предложения. Определяется роль каждого слова в предложении и строится схема предложения казахского языка;

3. на схему предложения казахского языка накладывается схема английского языка;
4. слова введенного предложения, опираясь на грамматику и роли в предложении, переводятся на английский язык. Обработка многозначного слова выполняется согласно контексту применения.

Результаты перевода, стоящие в нужной грамматической форме ставятся на схемы предложения в английском языке.

Данная концептуальная модель может служить для любой языковой пары в виде общий схемы. Во время перевода лучше иметь две БД: базу лексического разбора и синтаксического анализа. Другими словами, корень и основа предложения определяется отдельно, а все суффиксы и окончание по отдельности. В казахском языке есть некоторые слова, где с помощью суффиксов может меняться корень слова. В данной работе имеется в виду, что вместо корня берутся те слова, которые изменяются на одну букву. Например, кітап+тар+ды – on this book икітаб+ым+ның – of my book. Здесь в база корней есть и слова «кітап» и «кітаб». Это как основа данного слова. С помощью такого подхода мы решаем вопрос быстрого нахождения правильного корня слова и, конечно же, правильный смысловой перевод каждого слова и взаимное их словосочетание.

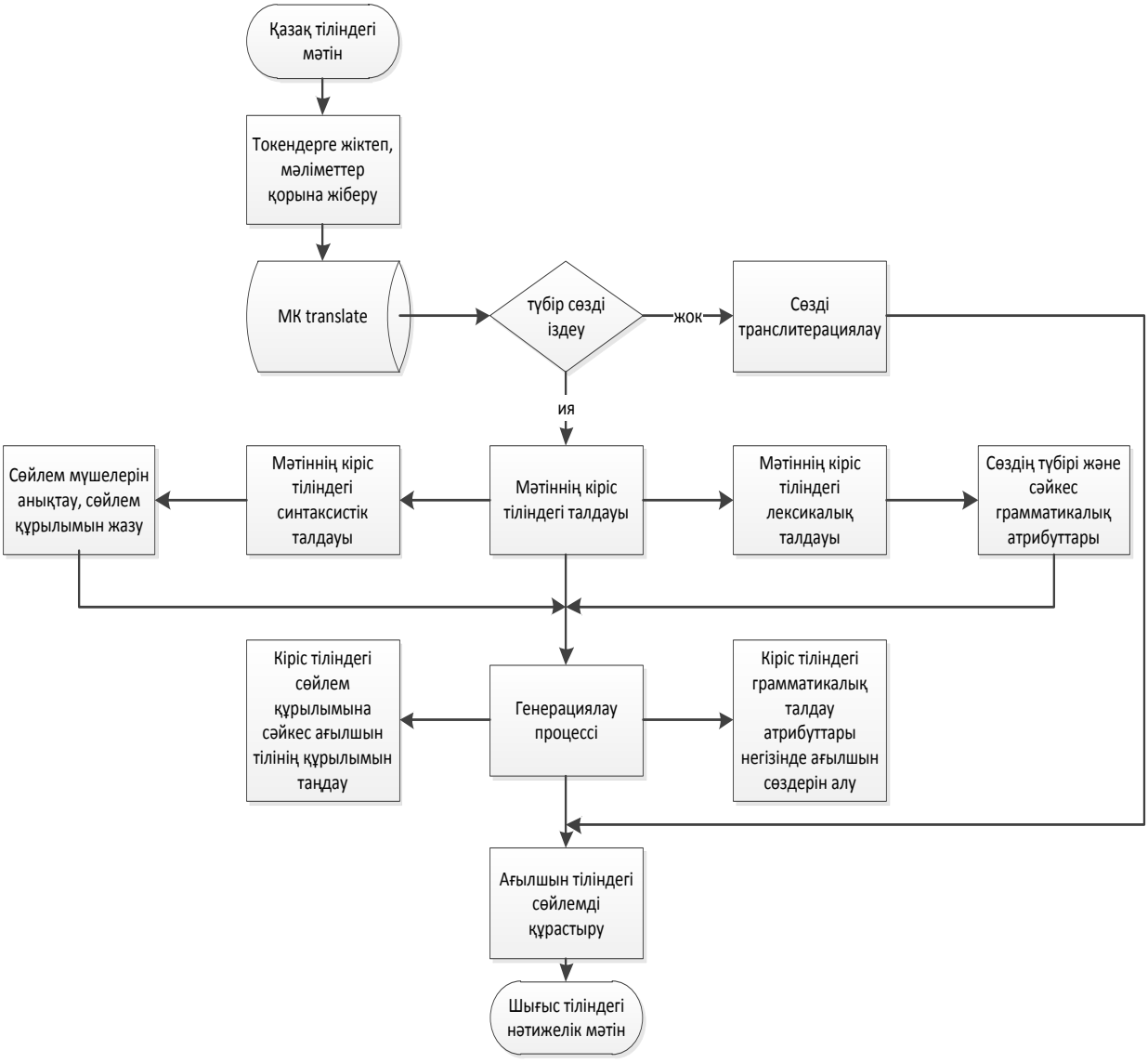


Рис. 2. Общая модель машинного перевода с казахского языка на английский язык

В данной схеме (рис. 2) дается общая модель перевода с казахского языка на всемирный бизнес-язык. Во входном тексте в самую первую очередь мы находим предложения. Будем искать знаки «.», «!» и «?». После нахождения этих знаков, берем первое предложение и будем искать в нем все знаки препинания, и найдем – сколько слов в данном предложении. Далее сделаем морфологический и синтаксический анализ, после можно сделать полный смысловой перевод на выходе в английском языке.

Структура казахского языка имеет свои характерные особенности:

- в казахском предложении сказуемое обычно стоит на последнем месте независимо от того, какой частью речи оно выражено;
- отсутствуют приставки. Новые слова и различные формы слова образуются главным образом путем присоединения к корню различных словообразовательных и формообразующих аффиксов. При этом корень слова остается без изменений, аффиксы гармонируют с корнем;
- отсутствует категория рода;
- нет согласования прилагательного с существительным;
- ударение в казахском языке всегда падает на последний слог.

Первый основной закон казахского языка – «приклеивание» аффиксов.

Не удивляйтесь, встретившись с длинными словами, имеющими много аффиксов, – постарайтесь разобраться, из каких аффиксов состоит слово и что обозначает каждый из них.

Например:

1. Шеше мама.
2. Шеше + лер мамы (+аффикс мн.ч.).
3. Шеше-лер + ім мои мамы (+аффикс принадлежности 1-го л. ед.ч.).
4. Шеше-лер-ім + із наши мамы (+аффикс принадлежности 1-го л. мн.ч.).
5. Шеше-лер-ім-із + де у наших мам (+аффикс местного падежа).
6. Шеше-лер-ім-із-де + гі находящийся у наших мам (+аффикс, образующий имя прилагательное).
7. Шеше-лер-ім-із-де-гі + лер находящиеся у наших мам (вторично + аффикс мн.ч.).
8. Шеше-лер-ім-із-де-гі-лер + дікі то, что имеется у предметов, принадлежащих нашим мамам (+ аффикс принадлежности). Здесь наблюдается начало нарушения гармонии звуков в послежних логах.
9. Шеше-лер-ім-із-де-гі-лер-дікі + н то, что имеется у предметов, находящихся у наших матерей (+ аффикс винительного падежа).

Это основополагающее отличие казахского языка от известных европейских языков, относящихся к индоевропейской семье языков.

Задачи исследования:

- разработать комплекс моделей и алгоритмов для МП с казахского языка на английский язык с использованием статистического подхода и формальных грамматик;
- исследовать существующие методы синтаксического анализа и разработать модели и алгоритмы синтаксического анализа предложений казахского языка;
- исследовать методы, основанные на правилах (rule-based approach) и статистических подходах (statistical approach), и разработать модели и алгоритмы перевода предложений в настоящем времени;
- разработать программу синтаксического разбора настоящего времени казахского языка для перевода на английский язык;
- разработать словарный переводчик с одного языка на другой;
- разработать программу МП с казахского языка на английский язык с использованием разработанного комплекса моделей и алгоритмов.

Основные положения работы:

1. концептуальная модель компьютерного перевода предложений казахского языка на английский;
2. грамматика связей для казахского языка;
3. модель и алгоритм формирования перевода предложений казахского языка на английский;
4. формат описания и обмена грамматической информацией в программах МП.

Достоверность и обоснование научных положений, выводов и результатов работы обосновывается практической реализацией программного продукта – переводчика с казахского языка на английский язык.

Теоретическая значимость полученных результатов заключается в адаптации существующих и разработке новых положений теории МП, как части раздела теоретической информатики.

Практическая значимость полученных результатов заключается в разработке прототипа программного продукта на основе положений, вынесенных в данной работе.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- разработана концептуальная модель компьютерного перевода предложений казахского языка на английский, отличающаяся использованием гибридного подхода к компьютерному переводу;
- разработана грамматика связей для казахского языка, отличающаяся учетом связей и направлений связей между словами в предложениях казахского языка;
- разработана модель и алгоритм формирования перевода предложений казахского языка на английский, отличающиеся высокой производительностью перевода;
- разработан формат описания и обмена грамматической информацией в программах МП, отличающийся возможностью унифицированного хранения грамматической информации и позволяющий поддержать модульную архитектуру приложений МП.

Сейчас в Казахстане не имеется ни одного переводчика, который переводил бы текст с казахского на английский язык, поэтому хотелось бы отметить важность работ в этом направлении и перспективы их развития, как с научной точки зрения, так и с практической. В современном мире проводится много конференций и форумов, посвященных данной тематике, и с каждым годом появляется все больше и больше людей, которые хотят заниматься МП, разрабатываются новые алгоритмы перевода. Особенно хочется отметить, что в современном глобализованном мире актуальность МП, как средства понимания людей различных культур и народностей, наиболее высока.

Исходя из вышеперечисленного, данная работа посвящалась разработке моделей, алгоритмов и программного продукта машинного перевода настоящего времени казахского языка. Анализ литературных данных, а также современное состояние данной проблемы позволили сделать следующие выводы:

- установлен набор правил для перевода с казахского языка на английский;
- спроектирована модель перевода с казахского языка на английский;
- составлен пробный словарь.

Установлены общие закономерности построения предложений настоящего времени в казахском и английском языках.

Литература

1. Кожахметова Х. 40 уроков казахского языка. – Алма-Ата: Жалын, 1989. – С. 4–5.
2. Рунов Д.К. Английский язык. Книга о словах. – СПб: КАРО, 2008. – 188 с.
3. Хомский Н., Миллер Дж. Введение в формальный анализ естественных языков // Кибернетический сборник. Вып. 1. – М.: Мир, 1965. – С. 231–290.

4. Шарипбаев А.А., Бекманова Г.Т. Построение логической семантики слов казахского языка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://math.nsc.ru/conference/zont09/reports/63Bekmanova-Sharipbaev.pdf, своб.
5. Леонтьева Н.Н. Автоматическое понимание текстов: системы, модели, ресурсы. – М.: Академия, 2006. – 304 с.
6. Трей Н. C# 2008 ускоренный курс для профессионалов». – М.-СПб-Киев, 2008. – 576 с.
7. Новик В. Справочник. SQL, PL/SQL, SQL*Plus. – Свободное интернет-издание, 2001. – 126 с.

Ким Александр Владимирович
Год рождения: 1989
Институт комплексного военного образования,
кафедра мониторинга и прогнозирования информационных угроз,
группа № 6752
Направление подготовки: 090900 – Информационная безопасность
e-mail: felladi@gmail.com

УДК 004.056

ЗАЩИТА ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ. КРАЖА ЛИЧНОСТИ. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ПРИСВОЕНИЮ ЛИЧНОСТИ

А.В. Ким
Научный руководитель – д.т.н., профессор И.М. Левкин

В данной работе приводятся результаты решения задачи по разработке системы защиты информации (СЗИ) в информационной системе обработки результатов выездной диспансеризации трудового населения (ИС ОРДТН). Указанная информационная система была выбрана как частный случай информационной системы, обрабатывающей специальные категории персональных данных (наряду с некоторыми другими категориями к таковым причисляются данные о состоянии здоровья).

Основной **целью** проекта стало определение алгоритма использования превентивных мер безопасности при обращении с личными персональными данными гражданина для предотвращения кражи персональных данных с последующей возможностью присвоения личности злоумышленником.

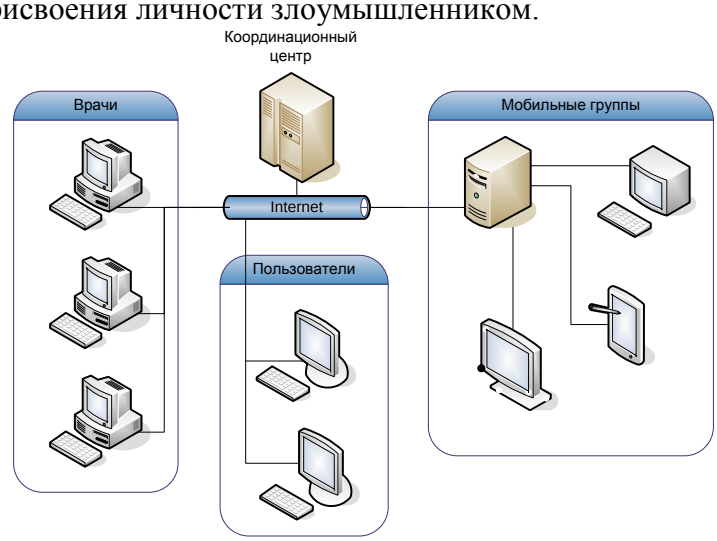


Рис. 1. Общая модель комплекса автоматизации медицинских осмотров

СЗИ ИС ОРДТН представляет собой комплекс (рис. 1) организационных и технических мероприятий по защите информации, обрабатываемой в ИС ОРДТН, и способствует выполнению требований законодательства по персональным данным и устранения возможных угроз безопасности персональных данных.

ИС ОРДТН представляет собой информационную систему, позволяющую автоматизировать процессы сбора и хранения данных: сбор исходных данных с медицинских осмотров мобильными группами; независимый доступ к этим данным лечащего врача; хранение наряду с анамнезом поставленного диагноза и рекомендаций по лечению с возможностью доступа к данным самого пациента.

Для реализации возможности одновременной работы большого количества врачей и нескольких мобильных бригад была выбрана модель удаленного доступа к основной системе. Это позволяет стабильно работать системе в случае временного отказа любого подчиненного узла системы, топология соединения узлов при таком подходе получается звезда, что четко разделяет узлы на два типа: локальные узлы, это субъекты взаимодействия (мобильные группы, врачи и пациенты индивидуально) и глобальные узлы, являющиеся координационными центрами обработки и хранения информации.

В ИС ОРДТН были выделены объекты, на которых требуется проведение мероприятий по защите информации. Физические объекты защиты информации ИС ОРДТН и их характеристики представлены в таблице.

Таблица. Объекты защиты

Наименование объекта защиты	Обозна-чение	Режим обработки	Расположение объекта
Базы данных (отчеты, формы, таблицы, оболочка)	СУБД	Круглосуточно	Серверное оборудование
Носители защищаемой информации	НЗИ	Круглосуточно	Архив
Данные, выводимые на печать (твердую копию)	ТК	В рабочее время	АРМ пользователей
Программное обеспечение СЗИ	СЗИ	Круглосуточно	АРМ пользователей
Программное обеспечение ОС	ОС	Круглосуточно	АРМ пользователей, серверные компоненты
Технические средства	ТС	Круглосуточно	АРМ пользователей, серверное оборудование, коммутационное оборудование

Были определены угрозы безопасности данных ИС ОРДТН и модель нарушителя, что позволило определить задачи обеспечения безопасности информации в ИС ОРДТН и методы их решения.

Для защиты информации в ИС ОРДТН необходимо реализовать комплекс организационных и программно-технических мероприятий в соответствии с требованиями руководящих документов ФСТЭК России, ГОСТов и иными документами по защите информации, позволяющих обеспечить при возникновении угроз:

1. исключение несанкционированного копирования и модификации обрабатываемой программно-техническими средствами ИС ОРДТН информации ограниченного доступа;
2. предотвращение перехвата информации ограниченного доступа, передаваемой по каналам связи с помощью ТС;

3. предотвращение специальных программно-технических воздействий, вызывающих разрушение, уничтожение, искажение информации или простои в работе средств информатизации;
4. защиту от вмешательства в процесс функционирования ИС ОРДТН посторонних лиц;
5. регистрацию событий, влияющих на безопасность информации ИС ОРДТН, обеспечение подконтрольности и подотчетности выполнения всех операций, совершаемых в ИС ОРДТН;
6. восстановление работоспособности подсистем ИС ОРДТН при НСД, после сбоев в работе и ликвидацию последствий сбоев;
7. восстановления актуального состояния СЗИ ИС ОРДТН;
8. создание механизма оперативного реагирования на угрозы безопасности информации и негативные тенденции в системе информационных отношений;
9. эффективное пресечение незаконных посягательств на информационные ресурсы, технические средства и информационные технологии с использованием в этих целях организационно-правовых мер, систем и средств защиты информации;
10. условия для максимально возможного возмещения и локализации наносимого ущерба неправомерными действиями потенциальных нарушителей безопасности информации;
11. подготовку и повышение квалификации пользователей и обслуживающего персонала ИС ОРДТН и специалистов по защите информации;
12. контроль проводимых мероприятий по обеспечению безопасности информации.

Правовые методы основываются на нормативных правовых актах, регламентирующих правила обращения с защищаемой информацией. С учетом требований нормативных правовых актов закрепляются права и обязанности участников информационных отношений, а также устанавливается ответственность за нарушение этих правил (сдерживающий фактор для потенциальных нарушителей).

К правовым методам противодействия угрозам безопасности информации в ИС ОРДТН относятся:

- включение в трудовой договор положений, определяющих ответственность пользователей и обслуживающего персонала ИС ОРДТН за нарушение требований по защите информации;
- включение в должностные инструкции пользователей и обслуживающего персонала ИС ОРДТН положений, определяющих обязанности по выполнению требований по защите информации и определяющих ответственность за нарушение этих требований;
- утверждение правил (регламентов) эксплуатации технических и программных средств с указанием действий в случаях нарушения режима безопасности (подозрений на нарушение).

Организационные (административные) методы противодействия угрозам безопасности информации регулируют процесс обработки информации в ИС ОРДТН, использование ее ресурсов, деятельность обслуживающего персонала, а также порядок взаимодействия пользователей с ИС ОРДТН таким образом, чтобы в наибольшей степени затруднить или исключить возможность реализации угроз безопасности или снизить размер потерь в случае их реализации.

К организационным методам противодействия угрозам безопасности информации в ИС ОРДТН относятся:

- допуск сотрудников к программно-техническим средствам ИС ОРДТН в соответствии с регламентом, утвержденным руководителем организации, эксплуатирующей ИС ОРДТН;

- размещение оборудования ИС ОРДТН в защищенных помещениях в пределах контролируемой зоны;
- контроль выполнения требований по защите информации;
- противопожарная охрана;
- обеспечение надежного сервисного обслуживания;
- строгая регламентация допуска сотрудников к выполнению операций с базами данных ИС ОРДТН;
- проведение кадровой работы (подбор и подготовка персонала, обучение пользователей);
- организация физической защиты средств обработки и передачи информации.

Технические (аппаратные, программные и программно-аппаратные) методы защиты основаны на использовании различных электронных устройств и специального программного обеспечения, входящих в состав ИС ОРДТН и выполняющих (самостоятельно или в комплексе с другими средствами) функции защиты (идентификацию и аутентификацию пользователей, разграничение доступа к ресурсам, регистрацию событий и др.).

К техническим методам относятся:

- создание электрозащиты оборудования и зданий;
- оптимальное размещение оборудования;
- оптимальное размещение инженерных коммуникаций;
- применение систем кондиционирования;
- резервирование технических средств обработки информации;
- резервирование каналов связи;
- использование выделенных каналов связи;
- создание резервной копии (дублирование) информационных ресурсов;
- использование источников гарантированного питания для технических средств, обеспечивающих информационный обмен;
- ограничение доступа к объектам защиты;
- разграничение доступа субъектов (пользователей, информационных узлов и т.п.);
- управление внешними потоками информации;
- управление внутренними потоками информации;
- подтверждение подлинности информации;
- мониторинг целостности ПО и конфигурации элементов ИС ОРДТН;
- мониторинг деструктивных воздействий на объекты ИС ОРДТН в процессе информационного обмена;
- мониторинг действий субъектов.

Технические меры защиты должны обеспечить:

- разграничение доступа субъектов к объектам;
- управление внешними потоками информации (фильтрация, ограничение, исключение);
- управление внутренними потоками информации;
- контроль целостности программного обеспечения;
- регистрацию обращения к защищаемой информации и контроля за ее использованием;
- обнаружение сетевых атак и попыток НСД к защищаемой информации, а также оперативное реагирование на них.

Успешное применение технических мер защиты возможно только при условии, что выполняются организационные меры и используются физические средства защиты.

Все группы методов парирования угроз безопасности информации имеют примерно равную долю в организации комплексной защиты информации. Однако необходимо учесть, что некоторые методы могут быть использованы только для решения ограниченного круга задач защиты. Это особенно характерно для устранения угроз техногенного и стихийного характера.

Защита информации должна обеспечиваться на всех технологических этапах ее обработки и во всех режимах функционирования ИС ОРДТН, в том числе при проведении ремонтных и регламентных работ.

СЗИ ИС ОРДТН строится на основе следующих принципов:

- инвариантности (обеспечение возможности сохранения своих защитных функций при изменении конфигурации ИС ОРДТН);
- масштабируемости (возможность наращивания существующих или включение в свой состав новых средств защиты, функциональных и технологических узлов);
- надежности (обеспечение резервирования средств и функций защиты на наиболее критичных участках ИС ОРДТН);
- управляемости (обеспечение централизованного управления СЗИ ИС ОРДТН с АРМ администратора безопасности);
- законности (применение всех дозволенных методов обнаружения и пресечения нарушений при обеспечении защиты информации и соблюдение федеральных нормативных правовых актов и нормативных правовых актов Санкт-Петербурга, обеспечивающих правовое регулирование в области защиты информации);
- системности (реализация системного подхода при защите информации ИС ОРДТН);
- превентивности (направленность СЗИ ИС ОРДТН на пресечение реализации угроз безопасности информации, а не на компенсацию их последствий);
- непрерывности и адекватности (непрерывное и целенаправленное осуществление мероприятий по защите информации начиная от стадии проектирования и на протяжении всего жизненного цикла ИС ОРДТН);
- адаптивности (возможность оперативной перестройки (приспособления) СЗИ ИС ОРДТН к изменению конфигурации системы, числа ее пользователей и объемов защищаемой информации, в процессе эксплуатации ИС ОРДТН. При этом не должен понижаться требуемый уровень защиты информации);
- преемственности (непрерывное совершенствование СЗИ ИС ОРДТН на основе преемственности уже используемых организационных и технических мер с учетом появления перспективных отечественных и зарубежных аппаратных и программных средств, а также способов защиты информации);
- персональной ответственности и минимизации привилегий (строгое распределение прав каждого потребителя информационной услуги (в пределах его полномочий) и его ответственности за обеспечение безопасности информации);
- достаточной глубины контроля доступа (средства защиты информации должны включать механизмы контроля доступа ко всем видам информационных и программных ресурсов ИС ОРДТН, которые в соответствии с принципом минимизации привилегий следует разделять между пользователями).

Требуемый уровень защиты информационных ресурсов ИС ОРДТН достигается разумным выбором технических средств и специального ПО.

Для обеспечения информационной безопасности информационных ресурсов ИС ОРДТН, в состав СЗИ должны входить следующие подсистемы (рис. 2).

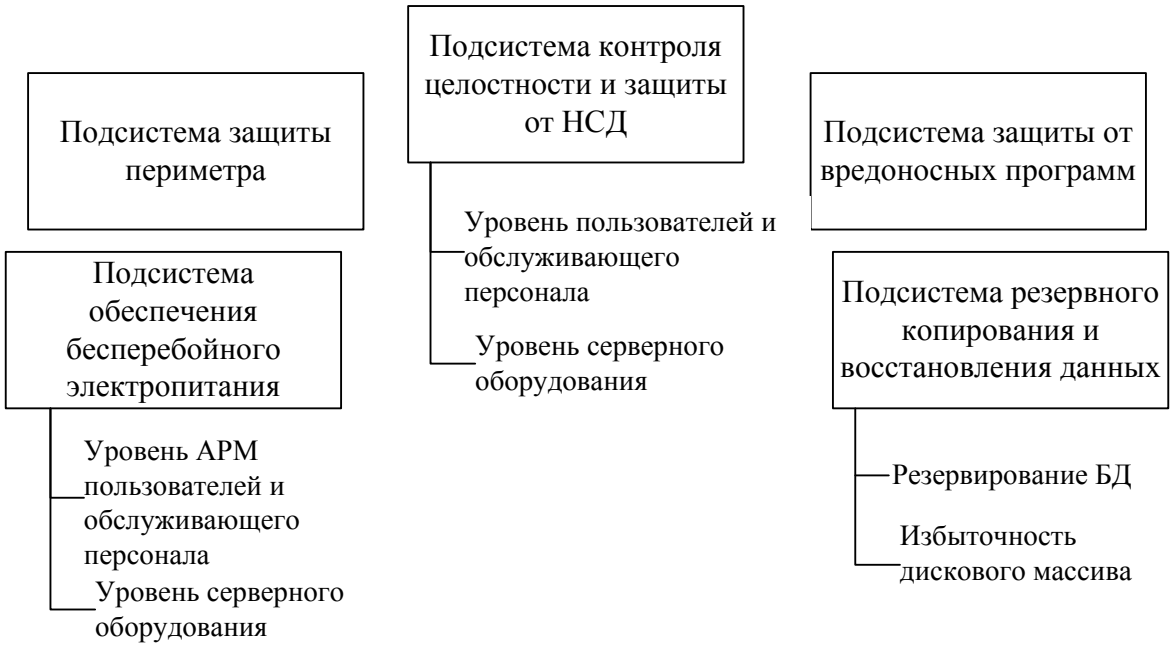


Рис. 2. Структура СЗИ ИС ОРДТН

В тексте работы приведены подробные описания, а также конкретные предложения по использованию тех или иных программных и аппаратных средств для каждой из подсистем СЗИ ИС ОРДТН. Только при реализации одновременной бесперебойной работы всех элементов СЗИ ИС ОРДТН можно рассчитывать на достижение цели по защите персональных данных от злоумышленников.

Литература

1. Торокин А.А. Инженерно-техническая защита информации. Учебное пособие для вузов. – М.: Гелиос АРВ, 2005. – 960 с.
2. Василевский И.В. Способы и средства предотвращения утечки информации по техническим каналам. – М.: НПЦ «Нелк», 1998. – 200 с.
3. Грибунин В.Г., Чудовский В.В. Комплексная система защиты информации на предприятии. – М.: Академия, 2009. – 416 с.
4. Жуков И.Ю. Стохастические методы и средства защиты информации в компьютерных системах и сетях. – М.: КУДИЦ-Пресс, 2009. – 512 с.

Козлова Екатерина Владимировна
Год рождения: 1990
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра безопасных информационных технологий,
группа № 6132
Направление подготовки: 090900 – Информационная безопасность
e-mail: kekvlad@gmail.com

УДК 004.056

САМООРГАНИЗУЮЩАЯСЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ С РОЕВЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ

Е.В. Козлова
Научный руководитель – д.т.н., профессор И.А. Зикратов

Работа выполнена в рамках НИР «Разработка интеллектуальных технологий управления, навигации и обработки информации с применением к мобильным робототехническим системам и комплексам».

Одним из направлений робототехники, которому уделяется все больше внимание, является групповая робототехника. Преимущества группового применения систем мобильных роботов очевидны: больший радиус действия, достигаемый за счет рассредоточения роботов по всей рабочей зоне, и более высокая вероятность выполнения задания, достигаемая за счет возможности перераспределения целей между роботами группы в случае выхода из строя некоторых из них.

Характер взаимодействия роботов в таких системах зачастую дает злоумышленнику возможность вмешательства в их работу. Это происходит в связи с организацией командной работы вне контролируемой зоны. Однако осознание необходимости исследования вопросов информационной безопасности (ИБ), а также качественное описание основных угроз и особенностей их реализации применительно к робототехническим комплексам были сформулированы лишь несколько лет назад [1].

В работе рассматриваются вопросы информационной безопасности мультиагентных робототехнических комплексов (РТК).

Основная **цель работы** заключалась в повышении быстродействия работы систем информационной безопасности мультиагентных робототехнических комплексов с роевым интеллектом, основанных на модели РО.

К наиболее перспективным методам описания коллективного поведения децентрализованной группировки РТК сегодня относят методы и алгоритмы, исследующие биологические основы роевого поведения насекомых [2].

Муравьиный алгоритм – метаэвристический алгоритм, в котором колония искусственных муравьев в совместной кооперации находит хорошее решение сложных дискретных задач оптимизации.

Известно, что вероятность выбора очередным агентом в момент времени t можно рассчитать по формуле вида [2]:

$$\begin{cases} P_{ij,k}(t) = \dfrac{[\tau_{ij}(t)]^{\alpha} \cdot [\eta_{ij}]^{\beta}}{\sum_{n \in J_{i,k}} [\tau_{ij}(t)]^{\alpha} \cdot [\eta_{in}]^{\beta}}, j \in J_{i,k}; \\ P_{ij,k}(t) = 0, j \notin J_{i,k} \end{cases} \quad (1)$$

где $J_{i,k}$ – варианты направления следования робота k; η – привлекательность, обратно пропорциональна длине ребра (η=1/D); $\tau_{ij}(t)$ – уровень феромона в момент времени t на ребре (i,j); α и β – два параметра, которые задают вес параметру следа феромона и видимости пути (его расстояния).

При α=0 поведение робота будет «жадным» – будет выбрана ближайшая точка. Если β=0, тогда сработает лишь воздействие феромонов, и выбор пути будет строиться из количества феромонов на маршруте.

Анализ формулы (1) позволяет предположить возможные способы воздействия на алгоритм [3]:

1. путем «внедрения» одного или нескольких роботов, которые способны отложить на ребре, не являющимся частью оптимального маршрута, такое число феромонов, чтобы путь по данному маршруту оказался для роя более «привлекательным»;
2. путем «внедрения» одного или нескольких роботов, действующих на ложных маршрутах, скорость испарения феромонов которых была ниже, чем у исходной системы роботов;
3. предоставление агенту большего количества альтернатив путем введения в узлах «ложного пути» – лжеребер, т.е. отрезков маршрута, соответствующего общему тренду движения роя, но заканчивающимся тупиком (маршрут Е, рис. 1), или имеющим выход к заведомо более длинному маршруту.

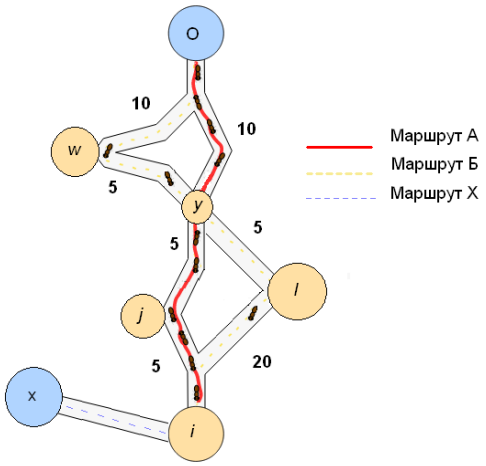


Рис. 1. Муравьиный алгоритм в задаче выбора кратчайшего пути (маршрут А) при наличии иного пути (маршрут Б) и ложного маршрута (маршрут Х)

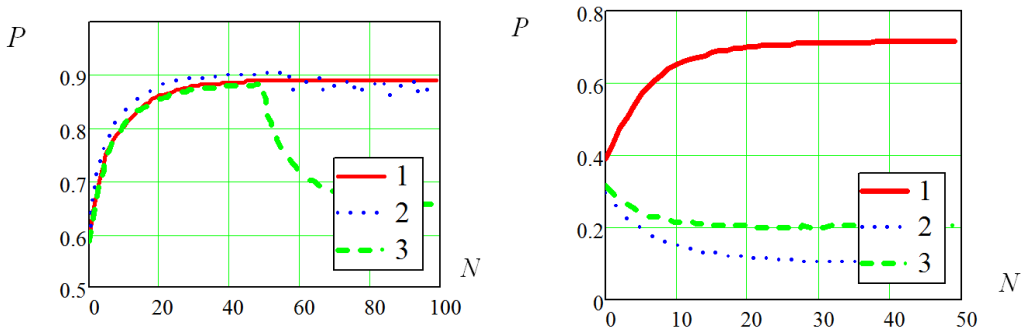
В рамках численного эксперимента были смоделированы атаки злоумышленника на систему при выборе каждого из приведенных методов. Результаты каждой из атак доказали уязвимость системы к воздействию злоумышленника.

К примеру, при реализации атаки по способу 1 (рис. 2, а), действия диверсантов имели деструктивные последствия, так как вероятность выбора кратчайшего пути снизилась на 27% (с 0,9 до 0,65). Следует обратить внимание, что внедрение диверсантов произошло после прохождения пятидесяти роботов – членов роя, т.е. в установившемся режиме.

При реализации атаки по способу 2, когда параллельно с работающей системой злоумышленником внедряются десять роботов, скорость испарения виртуальных феромонов которых p=0,45, что меньше, чем у агентов исходной системы (p=0,6), к

десятой итерации вероятность выбора ребра (i, x) исходной колонией составит приблизительно 55%,при p=0,3 вероятность повышается до 65%, при p=0,15 и вовсе становится равной 75%. Результаты проведения такой атаки, таким образом, зависят от сил и возможностей злоумышленника, а также от заданного им целевого результата.

Введение лжеребра при реализации атаки по способу 3 (рис. 2, б) дает следующие результаты.



а б

Рис. 2. Зависимость вероятности P выбора: роем рационального пути от количества N роботов, прошедших по ребру с воздействием злоумышленников (1 – без злоумышленников; 2 – один робот-диверсант; 3 – число роботов-диверсантов равно числу роботов членов роя). Усреднение по множеству реализаций (а); ложного пути (линия 1 – длина ребра 10 единиц) и иных путей (линии 2 – длина ребра 20 единиц, линия 3 – длина 15 единиц) N роботами при рефлексивном управлении роем (атака типа «ложный путь») (б)

Динамика отложения феромона на ребре (i, x) приводит к существенному возрастанию вероятности $P_{ix,k}(t)$ (рис. 2, б, линия 1), что в свою очередь приводит к тому, что большая часть агентов тратит время и энергию на прохождение лжеребра (i, x). Так на рис. 2, б представлены графики изменения вероятностей выбора роем «ложного пути», и иных путей. Очевидно, что тщательная подготовка атаки типа «ложный путь» может привести к деструктивному эффекту типа «муравьиная карусель», когда рой движется по кругу, теряя энергию и не приближаясь к цели.

Для предотвращения указанных инцидентов роевые робототехнические комплексы должны оснащаться механизмами информационной безопасности, отвечающие некоторым специфическими требованиям по сравнению с аналогичными механизмами защиты автоматизированных систем:

1. система информационной безопасности должна реализовываться с учетом базовых принципов роевой модели: ограниченности представления агентов обо всей системе, изменчивостью их пространственного положения и отсутствием централизации при роевой модели управления. Для реализации функций информационной безопасности представляется целесообразным включение в состав роя роботов-полицейских, на которых возлагаются функции выявления аномалий, вторжений, идентификация и аутентификация агентов, в том числе бывших вне «зоны видимости» роя, контроль разграничения доступа и противодействие роботам-диверсантам и другим воздействиям злоумышленников;
2. обеспечение идентификации и аутентификации агентов в системе. Рой должен знать, кто оставил на пути феромон – «свой» или «чужой»;
3. наличие системы защиты от компрометации криптоключей по побочным каналам (side channel attack) при нахождении агентов за пределами контролируемой зоны и возможном физическом захвате их злоумышленниками;
4. обеспечение возможности обнаружения факта проведения атаки при действиях типа «ложный путь» путем выявления аномалий в действиях роя.

Решение проблемы обеспечения информационной безопасности мультиагентной системы при централизованном подходе было предложено в методе Ксюдонга [4]. Централизованная модель управления системой реализуется при помощи специальных управляющих узлов, которые отвечают за безопасность одной конкретной области. Такой узел здесь принято называть полицейским участком (PO – Police Office).

Однако модель безопасности Ксюдонга не может быть применима для обеспечения защиты от скрытых атак в отношении мультиагентных робототехнических систем, таких как: подмена злоумышленником управляющего узла PO, подмена идентификационных данных (основной части агента) в базе PO с целью регистрации робота-диверсанта, компрометация результатов проверки дополнительной части робота при принятии решения о доверии к заданному узлу и т.д. Атака на управляющий узел PO может привести к краху системы обеспечения информационной безопасности.

В рамках работы была предложена усовершенствованная самоорганизующаяся модель информационной безопасности роевой системы. Самоорганизация в данном случае заключается в автоматическом формировании полицейских участков в узлах графа маршрутов (рис. 3), которые формируются в результате работы муравьиного алгоритма. Централизация предусматривает высвобождение роботов-агентов – членов роя от функций ИБ, и возложение этих функций на интегрированные в роевую модель специальные аппаратно-программные комплексы, реализующие функции PO и обеспечивающие поддержку межагентного взаимодействия и самоорганизации роя.

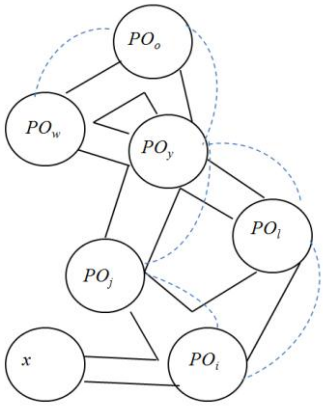


Рис. 3. Полицейские участки и каналы взаимодействия между ними

В состав каждого PO входят: 1) агенты-полицейские на полицейских участках узла; 2) база данных (реестр ключей) роботов-агентов, база данных роботов-полицейских; 3) модуль шифрования данных. Соседние PO связаны между собой каналами связи.

Любое действие в системе, инициируемое роботом, в частности физическое перемещение на другой узел, понимается под транзакцией. Все транзакции выстраиваются в цепочку.

Транзакция состоит из следующих блоков:

1. маршрутной информации;
2. блоков защиты информации.

К примеру, при перемещении робота-агента R_1, находящегося в узле i, в направлении узла j, контроль над которым имеет агент-полицейский AP_2, робот R_1 передает агенту-полицейскому AP_1 узла i запрос на осуществление миграции. AP_1 осуществляет проверку на аутентификацию робота R_1. Если проверка на аутентификацию пройдена, R_1 отправляется в узел j. В это время агент-полицейский AP_1 генерирует транзакцию, в которой указывает:

– ap_from – свое имя, т.е. имя агента-полицейского AP_1, на котором находится робот-агент, инициирующий перемещение;
– r_name – имя агента-робота R_1, инициирующего перемещение, его открытый ключ;
– ap_to – имя агента-полицейского AP_2, на участок которого перемещается робот-агент R_1;
– energy_from – остаток энергоресурса робота R_1;
– time_from – время генерации транзакции;
– prev_hash – хеш предыдущей транзакции.

Транзакция подписывается AP_1. *А*гент-полицейский AP_1 делает запрос на аутентификацию в отношении агента-полицейского AP_2. После прохождения проверки на аутентификацию транзакционные данные пересылаются AP_2. AP_2 проверяет информацию, содержащуюся в транзакционных данных, сверяет открытые ключи подписей, обращаясь к реестру ключей, и в случае положительного результата проверки вносит в блок свои транзакционные данные:
– true – решение об одобрении миграции робота R_1 в узел AP_2;
– time_to – расчетное время прибытия робота R_1 в узел AP_2;
– energy_to – расчетный остаток энергоресурса при прибытии робота R_1 в узел AP_2.

Агент-полицейский AP_2 подписывает транзакцию своим закрытым ключом, удостоверяя ее. Подписанная транзакция по каналу связи передается к агенту-полицейскому AP_1, транзакционные данные также хранятся у робота R_1.

Сформированная транзакция на следующих этапах миграции в другой узел хранится в транзакционных данных агентов виде хеша. Таким образом, эти данные передаются по цепи. Агент-полицейский, используя транзакционные данные, в частности хеш предыдущих транзакций, определяет, из какого узла пришел агент-робот, какой полицейский заверил его на перемещение и заверил ли.

Механизм формирования цепочек транзакций, а также хеша предыдущих транзакций представлен на рис. 4.

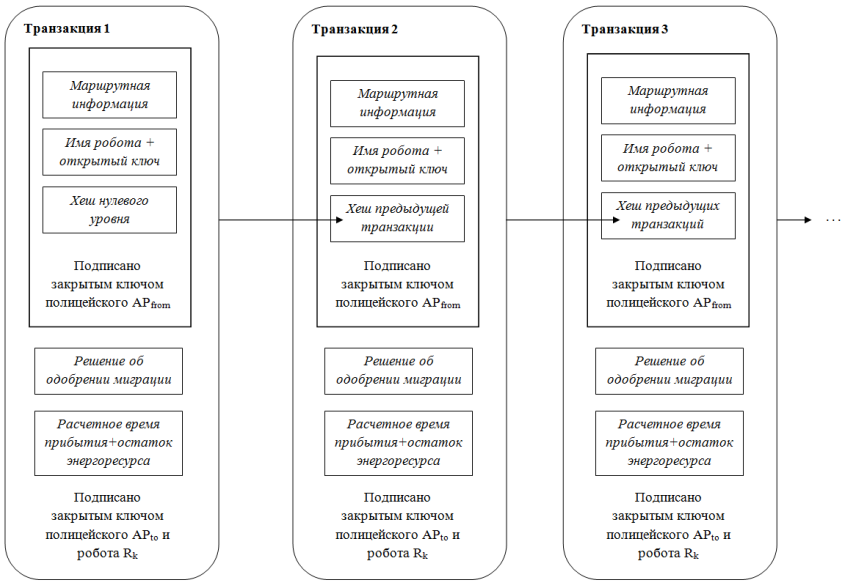


Рис. 4. Схема образования цепочек транзакций

В результате повторного моделирования атак на алгоритм защищенная усовершенствованная модель показала себя абсолютно жизнеспособной для противодействия злоумышленнику.

Оценка производительности защищенного роевого алгоритма была произведена с использованием методики сравнения времени выполнения задачи защищенным и

незащищенным роем. Для этого предложены к рассмотрению особенности работы системы на этапе выбора дуги маршрута, на этапе перемещения по дуге, и на этапе прибытия в узел маршрута [6]. Объектом оценки являлся незащищенный алгоритм, защищенный алгоритм по методу Ксюдонга, методу РО, а также предложенный в рамках работы усовершенствованный защищенный метод РО. При реализации защищенного алгоритма по методу Ксюдонга ко времени перемещения агента от узла к узлу добавляется время на проведение мероприятий, связанных с информационной безопасностью. Как показали расчеты, в отличие от защищенного алгоритма по методу Ксюдонга затратное время на проведение аналогичных защитных операций при реализации усовершенствованного алгоритма снижается до 40%. При этом, чем короче расстояния между полицейскими участками, тем больше экономия по времени.

Расход дополнительного времени, которое затрачивается агентом на мероприятия, не связанные с физическим перемещением от узла к узлу (рис. 5), снижается гиперболически.

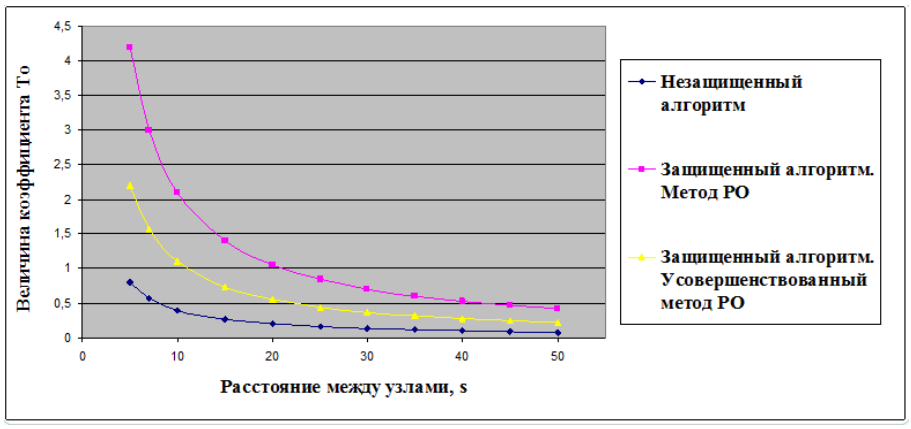


Рис. 5. Оценка затратного времени на процедуры, не связанные с физическим перемещением

Используется коэффициент T_o – отношение затратного времени на процедуры, не связанные с физическим перемещением, ко времени перемещения агента от узла i к узлу j:

$$T_o = \frac{T - T_{go}}{T}, \qquad (2)$$

где T – общее время, затрачиваемое агентом на перемещение от узла i к узлу j; T_o – время, затрачиваемое агентом на процедуре физического перемещения от узла i к узлу j.

При работе защищенного алгоритма по способу 1 в сравнении с алгоритмом, реализованным по способу 2, значение коэффициента больше почти в два раза при любом из рассматриваемых расстояний между полицейскими участками. Затратное время на реализацию механизмов обеспечения информационной безопасности в роевой робототехнической системе, таким образом, снижается в два раза при реализации защищенного алгоритма по способу 2.

В результате использования второго способа организации работы системы происходит экономия времени, так как все необходимые процедуры по защите информации производятся на пути следования робота из одного узла в другой. Это означает, что время, затрачиваемое при решении задачи в защищенной модели сравнимо со временем, затрачиваемым в модели незащищенной. Это дает основания полагать, что применение механизмов защиты роевого коллектива не только

эффективно с точки зрения безопасности, но также не предполагает излишних временных затрат и не отразится на скорости работы всей системы.

В результате проведенных исследований были решены следующие задачи:

1. обоснована необходимость проектирования защищенной роевой модели информационной безопасности робототехнического комплекса на основе численного моделирования атак на рассматриваемую систему;
2. сформулированы основные требования к механизмам обеспечения информационной безопасности роевой робототехнической системы;
3. обосновано использование централизованной модели управления робототехническим комплексом;
4. разработан модифицированный защищенный алгоритм, основанный на модели PO (PoliceOffice – полицейский участок), увеличивший показатель быстродействия механизмов, обеспечивающих информационную безопасность, в два раза;
5. разработана методика оценки производительности защищенного роевого алгоритма;
6. доказана устойчивость модели к основным атакам со стороны злоумышленника.

Преимущества усовершенствованной модели заключаются в принципе самоорганизации – система способна к самостоятельному обнаружению и ликвидации атак со стороны злоумышленника, в высокой оценке степени защищенности модели в отношении основных видов угроз, а также низких временных затратах, сравнимых с незащищенной моделью.

Перспективы дальнейшего развития работ в данной области открываются в отношении применения разработанной защищенной модели централизованного управления для иных робототехнических комплексов.

Литература

1. Higgins F., Tomlinson A., Martin K.M. Threats to the Swarm: Security Considerations for Swarm Robotics // International Journal on Advances in Security. – 2009. – V. 2. – № 2&3. – P. 288–297.
2. Dorigo M., Maniezzo V. & Colorni A. Ant System: Optimization by a Colony of Cooperating Agents // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics–Part B. – 1996. – V. 26(1). – P. 29–41.
3. Зикратов И.А., Зикратова Т.В., Лебедев И.С. Доверительная модель информационной безопасности мультиагентных робототехнических систем с децентрализованным управлением // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2014. – № 2(90). – С. 47–53.
4. Зикратов И.А., Козлова Е.В., Зикратова Т.В. Анализ уязвимостей робототехнических комплексов с роевым интеллектом // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013. – № 5(87). – С. 149–154.
5. Xudong G., Yiling Ya., Yinyuan Y. POM-a mobile agent security model against malicious hosts // Proceedings of High Performance Computing in the Asia-Pacific Region. – 2000. – V. 2. – P. 1165–1166.
6. Маслобоев А.В., Путилов В.А. Разработка и реализация механизмов управления информационной безопасностью мобильных агентов в распределенных мультиагентных информационных системах // Вестник МГТУ. – 2010. – Т. 13. – № 4/2. – С. 1015–1032.

Корягина Александра Витальевна
Год рождения: 1989
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевых технологий, кафедра технологии молока и пищевой биотехнологии, группа № и6363
Направление подготовки: 260200 – Продукты питания животного происхождения
e-mail: alya-jes@mail.ru

УДК 637.146.3/663.05

РАЗРАБОТКА СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ СОУСА НА МОЛОЧНО-РАСТИТЕЛЬНОЙ ОСНОВЕ

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

Питание детей школьного и дошкольного возраста в настоящее время стало важнейшей проблемой. Становится все сложнее формировать сбалансированный и безопасный рацион среди изобилия новейших разработок пищевой промышленности. Далеко не все эти новшества подходят и полезны для детского питания, но дети, в силу приятных органолептических свойств таких продуктов, отдают предпочтение именно им. Однако выход есть. Он заключается в создании не только полезных и полноценных с точки зрения пищевой ценности, но и вкусных продуктов, которые ребенок мог бы употреблять ежедневно с пользой для здоровья [5].

Питание оказывает существенное влияние на анатомо-физиологическое и нервно-психическое развитие детей с момента их рождения. В различные периоды детства пищевые и энергетические потребности меняются. Это связано с изменением уровня физического и психического развития детей, увеличением мышечных нагрузок, возрастанием умственного напряжения и развитием других индивидуальных особенностей ребенка.

По сравнению со взрослыми у детей повышенный обмен веществ. Поэтому суточная калорийность пищи должна покрывать расход энергии на каждом этапе развития. Оптимальным является тот рацион, калорийность которого полностью соответствует энергозатратам детского организма. Однако к продуктам детского питания предъявляются особые требования [5].

При организации питания детей дошкольного возраста (3–6 лет) учитывают соотношение между белками, жирами и углеводами в их ежедневном рационе. Оно должно составлять 1:1:4. При этом количество молока и кисломолочных продуктов в суточном рационе должно составлять 500 г. В питании детей этой возрастной группы шире применяются крупы, свежие плоды и овощи для нормального функционирования пищеварительной системы. Не рекомендуются острые блюда, копчености, натуральный кофе, горчица, уксус. Энергетическая ценность суточной нормы белков, жиров и углеводов составляет 1750 ккал. При организации рационального питания школьников должны быть учтены возрастные особенности. Как известно, школьный период подразделяется на три возрастных категории: младший – 6–10 лет, средний – 11–13 лет, старший – 14–17 лет. Потребность в белках, жирах и углеводах увеличивается с возрастом. Соотношение между массой белков, жиров и углеводов в рационе должно составлять 15:30:55% энергетической ценности рациона. Однако легкоусвояемые моно- и димерные углеводы должны составлять не более 20% их общего потребления. Энергетическая ценность пищевого рациона повышается с 2000 до 3000 ккал. Молоко и молочные продукты являются главными поставщиками основных нутриентов для школьников и студентов как источники кальция легкоусвояемого белка и витаминов

группы В. Они должны удовлетворять суточную потребность школьников в кальции на 50%, витамине В2 – на 45, в животных белках – на 20%.

Молоко и молочные продукты регулярно потребляют меньше половины школьников, при этом приоритет у 80% опрошенных детей среди различных напитков и десертов имеет молоко. Второе место по вкусовым предпочтениям занимают мороженое (66%), затем йогурт (51%), творог и творожные изделия (32,5%), молочные коктейли (32%), кефир (34%). Твердым сырам отдали предпочтение 17,5% опрошенных школьников, плавленым – 13,6%. По 15% получили национальные продукты – сметана, ряженка, простокваша, сливки – 11,6% [2, 4].

По данным Росстата, в 2009 г. Жидкие и пастообразные детские молочные продукты производили 32 специализированных предприятия, сухие молочные смеси – 3 предприятия. В 2009 г. Производство данных видов продуктов выросло по сравнению с 2008 г. В 1,2 раза и составило 115,5 тыс. т. Производственные мощности – 373,5 т в смену, коэффициент их использования – 51%.

В связи с нехваткой витаминов в питании детей большое значение имеют производство и потребление молока, обогащенного витаминами [1].

Вышеизложенные статистические данные говорят о низкой популярности молочных и кисломолочных продуктов среди детей и подростков. Рыночный ассортимент становится все шире и наши желания вкусы, как и вкусы и желания наших детей, становятся все взыскательней. Заметим также, что большим спросом у молодого поколения пользуются сладкие молочные десерты, нежели традиционные продукты. А, следовательно, одним из решений проблемы дефицита молочных продуктов в рационе детей может стать разработка новых функциональных продуктов на молочной основе, которые могли бы легко комбинироваться с любимыми детскими блюдами и соответствовать их вкусовым предпочтениям. На роль таких продуктов отлично подходят соусы, ставшие столь модным и популярным дополнением к пище в последние годы.

Соусы не только улучшают органолептические показатели и основных блюд, но и обогащают их состав и повышают усвояемость. Анализ современных тенденций в питании и существующего ассортимента соусов свидетельствует о перспективности создания кисломолочных соусов [3].

Исходя из обзора литературы, можно сделать вывод, что разработка и производство функциональных кисломолочных продуктов для детей чрезвычайно актуальны в настоящее время. В связи с этим будет целесообразным разработать новый продукт – соус на кисломолочной основе для питания детей. Такой продукт станет не только вкусной приправой, но и функциональной добавкой к пище, которая, благодаря сочетанию полезных свойств кисломолочного продукта и растительных компонентов, повысит биологическую ценность употребляемых с нею блюд.

Таким образом, целью настоящего исследования являлась разработка состава и технологии кисломолочного соуса для питания детей. Для достижения поставленной цели были определены основные задачи исследования:

Для достижения поставленной цели были определены основные задачи исследования:

1. изучить возможность использования новых видов наполнителей растительного происхождения – фруктовых и ягодных для изготовления кисломолочного соуса и их влияние на потребительские свойства продукта;
2. изучить влияние вносимого стабилизатора на органолептические, физико-химические свойства исследуемых образцов;
3. исследовать органолептические, физико-химические показатели готового продукта с различными наполнителями.

В соответствии с обозначенными целями и задачами объектами исследования служили:

- молоко сухое обезжиренное с массовой долей жира 1,25%, ГОСТ 23621-79;
- изолят соевого белка с массовой долей белка 90%;
- пюре из яблок гомогенизированное «Фруто Няня» для питания детей раннего возраста («Ивановский комбинат детского питания») ТУ 9163-011-96675174-09;
- брусника моченая стерилизованная «Экопродукт»;
- кленовый сироп («Пиканта»);
- закваска на чистых культурах термофильных вязких молочнокислых стрептококков ОСТ 49-113-77.

Методы исследования. Комплексные исследования образцов проводились по общепринятым методикам и соответствующим стандартам:

1. определение активной кислотности по ГОСТ Р 53359-2009;
2. определение сухих веществ и массовой доли влаги по ГОСТ 3626-73;
3. определение условной вязкости по ГОСТ 29226-91;
4. измерение вязкости по ГОСТ 27709-88;
5. определение влагоудерживающей способности.

При составлении рецептуры кисломолочного соуса был выбран процент внесения добавки растительных компонентов в количестве 34–36% от общей массы готового продукта. Такая доза внесения наполнителя обеспечивает необходимые для данного продукта органолептические качества и функциональные свойства, не нарушив при этом требования технического регламента в отношении продуктов детского питания на молочной основе.

С целью получения требуемой для данного вида продукта консистенции и стабилизации системы было решено ввести стабилизатор кукурузный крахмал в количестве 3,5% от общей массы готового продукта.

В ходе исследования была рассчитана рецептура готового кисломолочного соуса.

Соус кисломолочный вырабатывают резервуарным способом в пластиковых пакетах вместимостью 350 мл. В лабораторных условиях соус вырабатывался из восстановленного обезжиренного молока, однако для производства более предпочтителен способ производства соуса на основе цельного или обезжиренного молока, нормализованного по белку. Кроме того в условиях лаборатории использовалась традиционная закваска на стерилизованном молоке, тогда как в условиях современного производства более рациональным будет использование закваски прямого внесения (DVS). Рецептуры соусов на 100 г были рассчитаны в ходе исследований.

Все образцы соусов изготавливались на восстановленном сухом обезжиренном молоке, заквашенном вместе с наполнителем чистой культурой молочнокислого вязкого стрептококка. Перед сквашиванием все образцы подвергались интенсивному перемешиванию на мешалке лопастного типа со скоростью 800 об/мин во избежание расслоения основы и вносимого наполнителя. Далее опытные образцы помещались в термостат с температурой 44±2°С и сквашивались в течении 4–5 ч. Сироп вносился после сквашивания. Готовый продукт направлялся на созревание в холодильную камеру при температуре 4±2°С.

Исследование динамики кислотонакопления образцов соусов в процессе сквашивания. С целью выявления влияния вносимой дозы растительного компонента на динамику кислотонакопления были исследованы опытные образцы с процентом внесения в них яблочного пюре и брусники.

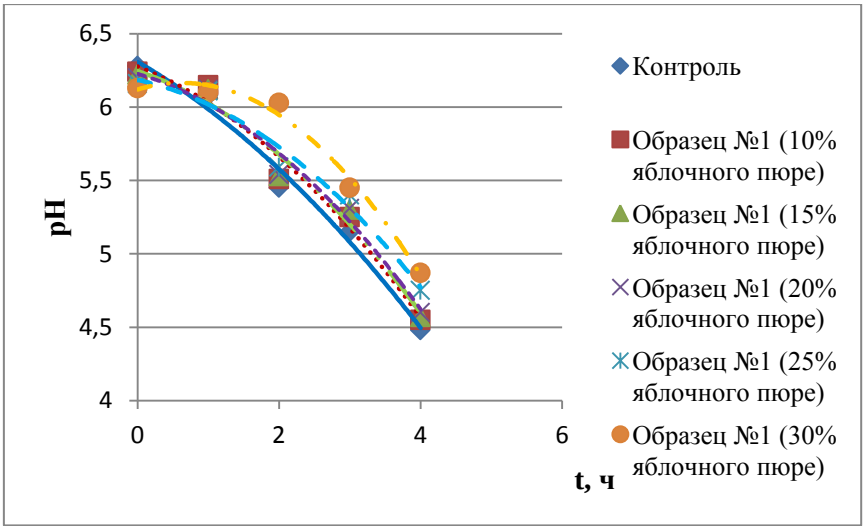


Рис. 1. Изменение активной кислотности образцов с различной дозой внесения яблочного пюре

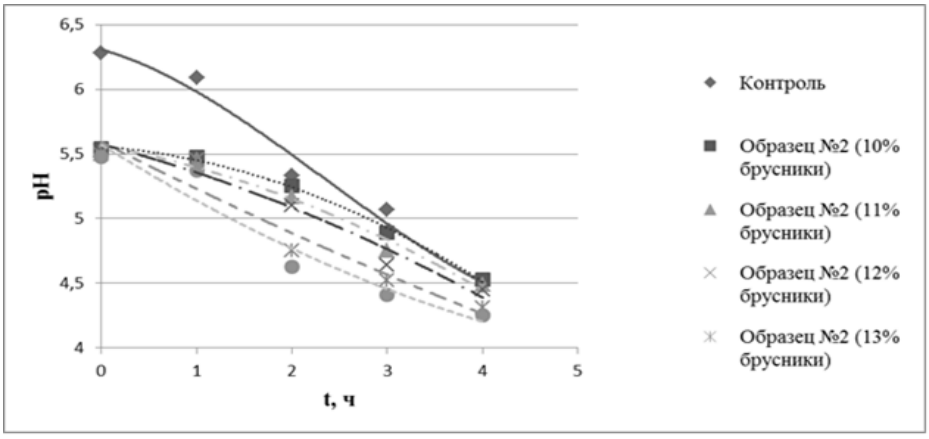


Рис. 2. Изменение активной кислотности образцов с различной дозой внесения брусники

Из рисунков видно, что сквашивание всех образцов происходило с примерно одинаковой скоростью и длилось 4 ч. Следует отметить, что кислотонакопление проходило с примерно одинаковой скоростью во всех образцах. На графике также хорошо прослеживается зависимость скорости снижения активной кислотности от дозы внесения наполнителя: чем выше доза, тем быстрее понижается pH.

Исследование влагоудерживающей способности образцов

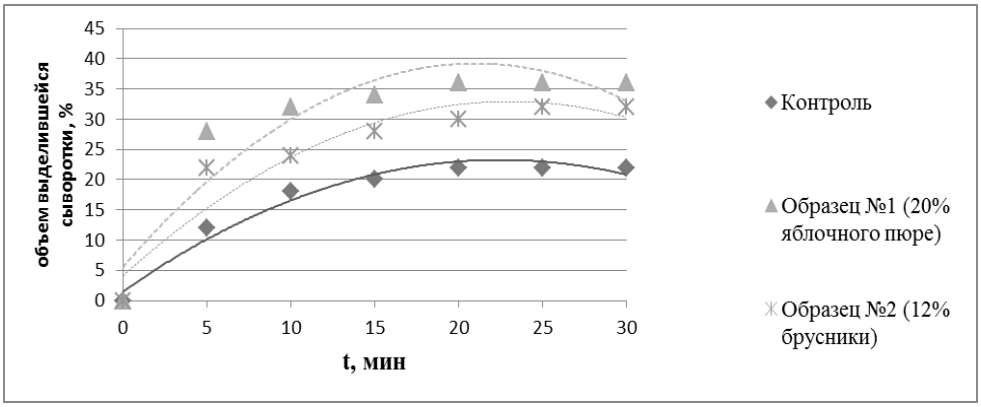


Рис. 3. Влагоудерживающая способность образцов

На рис. 3 отображена влагоудерживающая способность опытных образцов соусов № 1 и № 2 в присутствии стабилизатора. График демонстрирует явное стабилизирующее действие кукурузного крахмала: образцы отделяют почти в 2 раза меньше сыворотки в единицу времени.

Измерение условной вязкости образцов было проведено на вискозиметре ВЗ-246. Полученные данные объединены в табл. 1.

Таблица 1. Определение вязкости образцов на вискозиметре ВЗ-246

Наименование продукта	Время истечения продукта, с
Контрольный образец	140,1±0,2
Соус № 1(яблочное пюре)	88,0±0,2
Соус № 2 (брусника) (брусника)	94,2±0,2

Из данных табл. 1 видно, что наибольшей вязкостью обладает контрольный образец, чуть меньшей – образец № 2, и наименее вязким является образец № 1.

Определение содержания влаги и сухих веществ в образах полученных соусов. Содержание влаги и сухих веществ являются важными характеристиками готового продукта. Измерения проводились по ГОСТ 3626-73. Полученные данные сведены в табл. 2.

Таблица 2. Содержание влаги и сухих веществ в полученных образцах соусов

Название	Содержание сухих веществ, %	Содержание влаги, %
Соус № 1 (яблочное пюре)	17,1±0,2	82,9±0,2
Соус № 2 (брусника)	14,2±0,2	85,8±0,2
Контрольный образец	14,9±0,2	85,1±0,2

В ходе проведенной работы была осуществлена разработка состава и технологии кисломолочного соуса. Основываясь на результатах проведенных нами исследований в этом направлении, можно сформулировать следующие выводы:

1. доказана возможность использования новых видов наполнителей растительного происхождения для производства кисломолочных соусов: яблочного пюре (в количестве 20%) и ягод брусники (в количестве 12%), что дает в перспективе расширение ассортимента кисломолочных соусов за счет введения других комбинаций фруктовых, овощных пюре, ягод и сиропов;
2. изучено влияние вносимого стабилизатора на свойства исследуемых образцов. Использование стабилизатора позволяет достигнуть желаемой консистенции и структуры соусов. Исследование вязкости и структурно-механических свойств образцов показало, что внесение стабилизатора благоприятно влияет на тиксотропные свойства образцов, и лучше проявляет способность к восстановлению структуры;
3. полученные в процессе исследования образцы соусов отличаются высокими органолептическими показателями (вкус кисломолочный, сладкий, с ярко выраженным вкусом и ароматом наполнителей; консистенция однородная, вязкая).

Литература

1. Теркун Е.П., Кожухова М.А., Рыльская Л.А. Разработка технологии кисломолочных соусов функционального назначения // Пищевая технология Известия вузов. – 2012. – № 1. – С. 116–117.
2. Мазо В.К., Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Зилова И.С. Обогащенные и функциональные пищевые продукты: сходство и различия // Вопросы питания. – 2012. – № 1. – С. 63–68.

3. Добрынина Е.С., Ломовский О.И., Бейзель Н.Ф. Разработка новых рецептур соусов и дрессингов функционального назначения // Пищевая промышленность. – 2010. – № 8. – С. 12–13.
4. Захарова Л.М., Мазеева И.А. Технология новых функциональных продуктов питания на молочной основе // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 11. – С. 63–67.
5. Тихомирова Н.А. Здоровое питание для учащихся // Молочная промышленность. – 2009. – № 9. – С. 78.

Кравцова Евгения Владимировна
Год рождения: 1990
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевой инженерии и автоматизации, кафедра процессов и аппаратов пищевых производств, группа № и6254
Направление подготовки: 151000 – Машины и оборудование биотехнологий
e-mail: kev90@bk.ru

УДК 663.86.054.2+66-965.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ЛЕЗВИЙНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ, РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕЗКИ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ

Е.В. Кравцова
Научный руководитель – д.т.н., профессор Г.В. Алексеев

В работе исследовался процесс оптимизации рубящего резания плодов, близких к сферической форме, посредством профилирования формы режущей кромки лезвийного инструмента.

Анализ результатов известных исследований и конструкций измельчителей для резки на части плодов и овощей, близкой к сферической форме, показал, что они не удовлетворяют современным требованиям и имеют ряд недостатков: большой процент потерь сока в отношении со скользящим резанием, сравнительно большие габариты и энергоемкости проведения процесса.

Основными параметрами, характеризующими процесс резания, являются: его скорость и усилия резания, возникающие при этом, характер упругих деформаций разрезаемого материала, а также вид и геометрия режущего инструмента. На процесс резания большое влияние оказывают влажность разрезаемого материала и его физико-механические свойства. Используя геометрические параметры режущей кромки инструмента, оптимальные параметры микрогеометрии лезвия ножа позволит улучшить качество среза, снизить деформационно-силовое воздействие на материал, уменьшить усилие резания и увеличить его производительность. Одним из важных аспектов исследования процесса механического резания является силовое взаимодействие лезвия и материала, возникающее при наличии противорежущего подпора со стороны последнего, а основными параметрами, характеризующими это взаимодействие – усилие и работа резания и, как следствие, возникающее под режущей кромкой разрушающее напряжение (σ_p) [4].

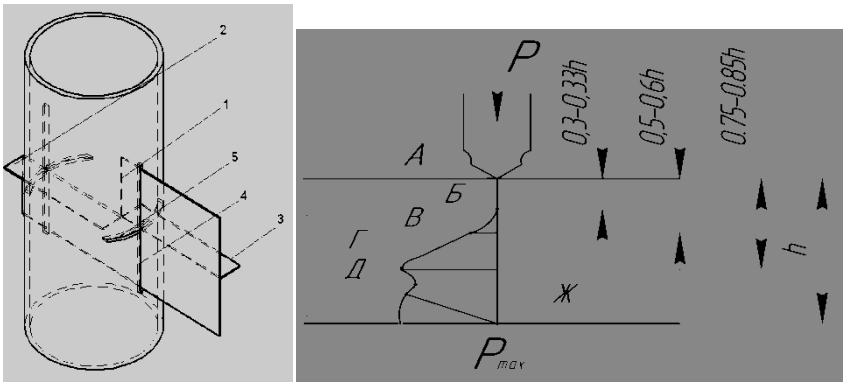
Основной **целью работы** являлась разработка нового устройства для резки плодов и овощей на части, совмещающего в одном рабочем объеме несколько

технологических операций. Особое внимание уделено закономерности упругого деформирования исследуемого материала.

Разработанное устройство относится к области технических средств, предназначенных для измельчения различных плодов и овощей для использования в пищевой и консервной промышленности, а также в сфере обслуживания, например, для приготовления газированных напитков с мякотью.

Устройство содержит опорные поверхности и сопряженный с ними ножевой блок. Резка на части плодов и овощей осуществляется за счет воздействия на них двух опорных поверхностей, выполненных в виде полусфер, вращающихся с некоторым зазором, в котором неподвижно установлен ножевой блок. К числу недостатков указанного технического решения относится материалоемкость и сложность выполнения исполнительных органов. Так, например, вращение опорных поверхностей должно быть строго согласованным для исключения смятия плода при резке. Технической задачей устройства является повышение производительности и уровня автоматизации технологического процесса.

Устройство для резки на части плодов и овощей, близких к сферической форме, (рис. 1, а) состоит из опорных поверхностей, выполненных в виде цилиндра, снабженного сквозным направляющим крестообразным вырезом с вертикальным пазом 1 и горизонтальным пазом 2, и сопряженным с ними ножевого блока 3. При этом в вертикальном пазу 1 размещен ножевой блок 3, выполненный в виде пластины с установленными по обе стороны перпендикулярно ее поверхности и соосно с горизонтальным пазом крестообразного выреза опорными полочками [5].



а б

Рис. 1. Устройство для резки на части плодов и овощей, близких к сферической форме (а); взаимодействие лезвийного инструмента с плодом лимона (б)

Для уменьшения затрат на постановку эксперимента в качестве имитирующих материалов использовали изготовленную модель установки для резки и плоды лимона. В качестве критерия оценки эффективности работы установки выбирали время разрезания (продолжительность времени), усилие резания упруго-деформируемого плода, работу резания, а также потерю сока при различных видах лезвийного инструмента. Чем больше потери, тем ниже эффективность резки для данного вида материала.

Взаимодействие лезвийного инструмента с разрезаемым материалом более наглядно может быть показано с помощью диаграммы изменения усилий, соответствующих погружению ножа в материал, представленного на рис. 1, б.

В начале процесса – на участке АБ начинается деформация материала под действием лезвия клина. На участке приложения силы происходит вдавливание лезвия в поверхность материала и начинается его одноосное сжатие в плоскости клина и двухосное растяжение в плоскости опоры. В результате поверхность материала (его верхние слой флаведо и альбедо) слегка прогибается, образуя под лезвием впадину.

При дальнейшем внедрении лезвия резака в материал (участок БВ) общая объемная деформация материала и усилие P увеличиваются. Следствием этого является разрыв вакуолей лимона, выделение сока и уплотнение материала. На следующем участке диаграммы (ВГ) интенсивность роста усилия P увеличивается, достигая в точке Г максимума (критического значения $P_{кр}$). При дальнейшем погружении лезвия клина в материал (участок ГД) отмечается падение силы P. Важно отметить, что на этом участке процесс резания однородного материала значительно отличается от резки неоднородного плода.

На участке ДЕ происходит окончательное разделение верхней группы слоев плода и начинается внедрение лезвия клина в последующие нижние слои кожуры. Участок ЕЖ характеризуется полным разделением слоев плода (окончанием процесса разрезания).

Работу предварительного сжатия слоя материала можно выразить зависимостью:

$$A_{сж} = Э \cdot \frac{h_{сж}}{h}. \qquad (1)$$

где $Э$ – модуль сжатия материала лезвием, имеющий размерность работы; $h_{сж}$ – толщина уплотненного лезвием слоя материала в момент начала резания.

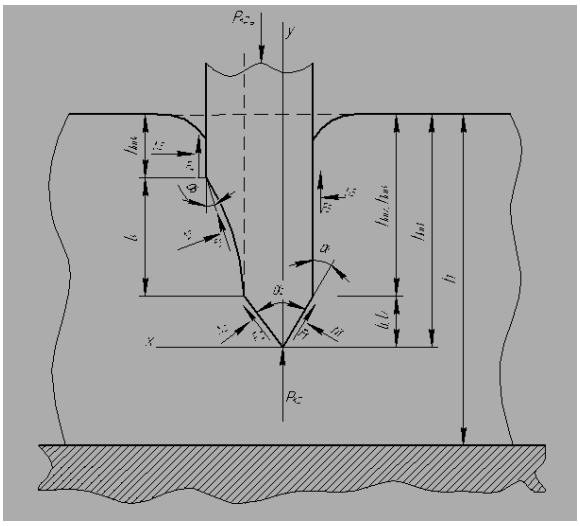


Рис. 2. Силового взаимодействие лезвия ножа с материалом

В связи с этим для практических расчетов представляет интерес рассмотрение обобщенного профиля лезвия резака и получение аналитических зависимостей для определения силовых параметров его взаимодействия с материалом для большинства используемых профилей, описывая их как частные случаи [3]. Такой профиль показан на рис. 2, на котором также представлена принятая нами расчетная схема применительно к этому профилю.

Вогнутый спуск лезвийного инструмента, благодаря параллельным боковым поверхностям оказывает минимальное сопротивление при резке, но только пока не углубится в разрезаемый материал сколько-нибудь заметно. Более того, будет оно минимально возможным для данного материала, потому что при соответствующей ширине клинка угол его спуска можно вывести довольно острый. Боковые поверхности клинка стабилизируют его движение в разрезаемом материале и помогают удерживать постоянное направление и точную плоскость реза [2].

Положение кожуры на выходе лезвия ножа с плода усиливает усилие резания примерно в 50 раз в отличие от случая, когда кожура плода на входе лезвия совсем отсутствует. Работа, затраченная на разрезание кожуры в конкретном случае мала, но если кожура располагается при выходе лезвия, она формирует сопротивление

деформированию плода при введении лезвия [2]. Большое давление возникает на боковой поверхности лезвия ножа, значительно возрастает сила трения. Экспериментальные данные подтверждают, что максимальное сопротивление скорости резания возникает при приближении лезвия к кожуре. При резании плода лимона, такое расстояние составляет 0,5–1 мм. Такое поведение разъясняет дифференциальное уравнение мгновенного усилия резания по времени:

$$F_r + (C + k_1 \cdot \frac{dy(t)}{dt} + m \cdot \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + Be^{-bt} = 0. \quad (2)$$

Среднее значение усилия на разрезание плода лимона лезвийным инструментом при рубящем резании равно 8,8 Н. Удельное сопротивление плода лимона разрезанию – 265 Н/м.

В качестве основного показателя в лабораторных исследованиях был принят фактор, учитывающий энергетические затраты – усилие резания, Н. В результате расчетов получены некоторые уравнения регрессии в виде (3):

$$P = 127{,}8 + 10{,}1x_1 - 6{,}3x_2 + 0{,}1x_3 + 0{,}2x_1x_2 + 0{,}4x_1x_3 + \\ + 0{,}6x_2x_3 + 5{,}3x_1^2 + 3{,}3x_2^2 + 10x_3^2. \quad (3)$$

Анализ выявленной закономерности показал, что для того, чтобы энергоемкость процесса была минимальной, необходимо использовать следующие значения показателей эксперимента: сдвиг ножа по горизонтали относительно центра материала x_1=1,8…2,0 мм, скорость разрезания x_2=0,019 м/с. При этом усилие разрезания будет равно 120 Н [1].

В результате работы получены аналитические решения уравнений упругой деформации с участием твердой фазы, описывающих поведение кожуры лимона в процессе измельчения, и экспериментальная зависимость усилия резания при поступательном движении ножей, контактирующих с плодом. Подбор оптимальной формы лезвийного инструмента, учитывающий физические и механические свойства измельчаемого продукта, позволил создать новое устройство для резки на части плодов и овощей (патент РФ на полезную модель № 138201 от 10.03.2014).

Внедрение в производство устройства для резки на части плодов и овощей с выбранной конструкцией лезвийного инструмента позволяет снизить потери и повысить выход готового продукта, за счет уменьшения энергопотребления и снижения трудозатрат в момент разрезания плода, за счет выбора оптимальной формы ножа.

Литература

1. Алексеев Г.В., Кравцова Е.В. Особенности влияния взаимодействия сырья и рабочих органов в аппарате на тонкое измельчение фруктов и овощей // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2013. – Вып. 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://processes.open-mechanics.com/articles/688.pdf, своб.
2. Гуць В.А., Губеня А. Определение усилия резания продуктов с разными структурно-механическими свойствами // Научни трудове на УХТ. – 2010. – Т. 57. – Свитък 2. – С. 411–416.
3. Кузьмин В.В. Совершенствование процесса резания мясного сырья на основе математического моделирования формы режущих инструментов: диссертация кандидата технических наук: 05.18.12 / Кузьмин Вячеслав Владимирович; [Место защиты: С.-Петерб. гос. ун-т низкотемператур. и пищевых технологий]. – СПб, 2008. – 129 с.
4. Резник Н.Е., Горячкин В.П. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. – М.: Машиностроение, 1975. – 311 с.

5. Патент на полезную модель № 138201 Российская Федерация, МПК B02C13/00. Устройство для резки на части плодов и овощей/ Алексеев Г.В., Кравцова Е.В., Башева Е.П., Минаева Л.В., Минаева Т.В.; заявитель и патентообладатель СПб, НИУ ИТМО – №2013112542/13; заявл. 20.03.2014; опубл.10.03.2014 – 3 с.

Куприянов Дмитрий Владимирович
Год рождения: 1991
Факультет точной механики и технологий,
кафедра мехатроники, группа № 6672
Направление подготовки: 221000 – Мехатроника и робототехника
e-mail: qudmv@yandex.ru

УДК 681.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ДЕСКРИПТОРОВ В SLAM ТЕХНОЛОГИИ

Д.В. Куприянов
Научный руководитель – к.т.н., доцент Г.Б. Заморуев

В настоящей работе будут рассмотрены различные дескрипторы для использования с технологией VSLAM, будет проведено их экспериментальное сравнение. **Целью работы** являлось рассмотрение возможности использования глобальных дескрипторов для нанесения объектов на карту местности, полученную с использованием Visual SLAM.

Подобное применение глобальных дескрипторов обычно не рассматривается, однако успешное решение подобной проблемы именно с помощью глобальных дескрипторов могло бы привести к ускорению работы подобных систем и упрощению их создания.

Для проведения сравнения эффективности использования дескрипторов при решении задач поиска и выборки похожих объектов были проведены испытания, в ходе которых производился поиск и выборка похожих объектов из базы изображений. В качестве тестовых объектов выступили электронный пропуск сотрудника Университета ИТМО, футляр для очков и гусеничная платформа от малого мобильного робота.

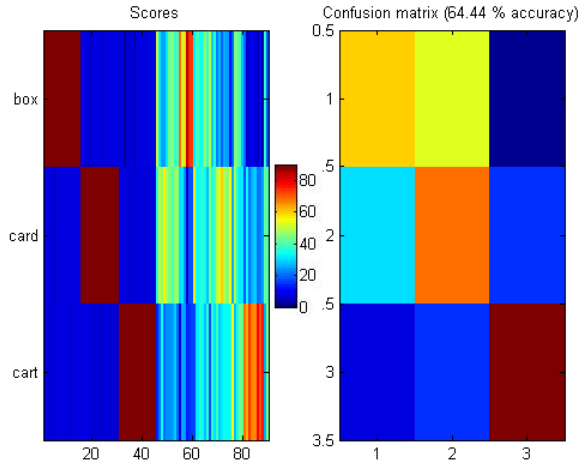
В целях упрощения исследования проводились в рамках среды MATLAB, что позволило облегчить сравнение эффективности алгоритмов, которые в дальнейшем будет возможно применять в мобильных мехатронных системах.

В базе имелось три множества изображений, в каждом из которых содержались снимки вышеозначенных объектов с разных сторон, под разным углом и с разного расстояния.

Съемка тестовых объектов производилась в идентичных условиях (место, освещение, позиции для съемки), что делает сами по себе снимки достаточно похожими с точки зрения робота.

Каждое из трех множеств анализировалось отдельно. Для испытания локальных дескрипторов было использовано тестовое приложение, входящее в состав VLFeat. Использовался алгоритм с применением быстрой реализации SIFT-дескриптора. В качестве примера глобальных дескрипторов выступил GIST-дескриптор. Для обучения использовалось по 15 изображений из каждой группы.

При использовании классификатора VLFeat с 15 изображениями для обучения системы получилась матрица неточностей (рис. 1). Результат в 64,44% можно считать приемлемым, однако, несколько неожиданным представляется тот факт, что наибольшее количество ошибок было допущено при работе с изображениями электронного пропуска.



а б

Рис. 1. Матрица неточностей, полученная для локального дескриптора

На рис. 1, а показаны вероятности соотнесения каждого из 90 снимков к той или иной группе. Закрашенные бордовым ровные участки (100% по цветовой шкале) показывают количество изображений каждой группы, использованных для обучения системы. На рис. 1, б показана общая матрица системы, по оси *Y* сверху вниз показаны экспертные (истинные) категории изображений из трех выборок, по оси *X* отображены решения системы. Общую точность системы можно сосчитать как среднее значение по главной диагонали.

Возможной причиной такого результата может быть наличие бликов на поверхности карточки, что несколько осложнило работу системы. Изображения с гусеничной платформой определялись наиболее точно. Подобный результат можно обосновать сложностью и неповторимостью конструкции, что позволяло отличать ее от других изображений.

Как видно из матрицы неточностей, система часто путала изображения карточки и футляра между собой. Причиной этого может служить схожий размер объектов.

В целом, локальный дескриптор показал свою пригодность для поставленной задачи, так как, при реализации в рамках группового VSLAM проекта, база изображений будет гораздо больше, к тому же у каждого снимка также будут свои локационные данные, что упростит задачу поиска похожих изображений.

В отличие от локальных дескрипторов, наибольшая точность была получена для футляра, наименьшая же, как и в рассмотренном выше случае, в целом, полученные результаты оказались противоположными (рис. 2).

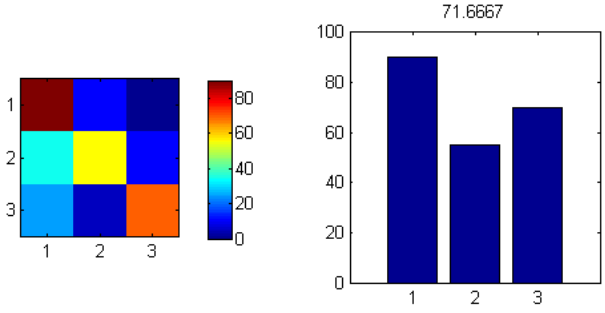


Рис. 2. Матрица неточностей, полученная для глобального дескриптора

Общая точность системы составила 71,66%, что несколько выше результатов, показанных локальными дескрипторами.

Как видно из полученных данных, локальные дескрипторы показывают высокую эффективность в описании и определении сложных объектов, благодаря своей структуре они обращают внимание на сложные места в изображении, изобилующие переходами. По этой же причине эффективность локального дескриптора при определении футляра была низкой.

Глобальный дескриптор, описывающий в основном точки перехода и массу линий, наоборот был очень эффективен при определении и выборке футляра, так как монотонность и ровные границы объекта позволяли достаточно точно определить его и описать.

Разное расстояние до объекта на снимках гусеничной платформы могло стать одной из причин низкой эффективности глобального дескриптора во второй серии испытаний.

Обобщая результаты работы, отметим следующее:

- результаты, полученные при испытании системы локальных дескрипторов, показали данные, схожие с предоставленными разработчиками;
- глобальные дескрипторы показали противоположные результаты для каждого из объектов, но общая точность системы оказалась несколько выше;
- исходя из полученных результатов можно предположить использование глобальных дескрипторов для сравнения и поиска объектов на изображениях в базе данных;
- однако дальнейшее исследование более благоприятных объектов для описания тем или иным дескриптором может повысить общую точность системы;
- на основании полученных результатов появились идеи по дальнейшей доработке глобальных дескрипторов, и будет разрабатываться Visual SLAM система для поиска и определения объектов, основанная на GIST-дескрипторах.

Литература

1. Smith R.C., Cheeseman P. On the Representation and Estimation of Spatial Uncertainty // The International Journal of Robotics Research. – 1986. – V. 5(4). – P. 56–68.
2. Smith R.C., Self M., Cheeseman P. Estimating Uncertain Spatial Relationships in Robotics // Proceedings of the Second Annual Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence. UAI '86. University of Pennsylvania, Philadelphia, PA, USA: Elsevier. – 1986.
3. Leonard J.J., Durrant-whyte H.F. Simultaneous map building and localization for an autonomous mobile robot // Intelligent Robots and Systems' 91.'Intelligence for Mechanical Systems, Proceedings IROS'91. IEEE/RSJ International Workshop. – 1991.

Лебедев Константин Игоревич
Год рождения: 1990
Факультет точной механики и технологий, кафедра технологии приборостроения, группа № 6657
Направление подготовки: 200100 – Приборостроение
e-mail: kolebok@mail.ru

УДК 004.021

ОРГАНИЗАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ЛИНЗ

К.И. Лебедев
Научный руководитель – д.т.н., профессор Д.Д. Куликов

Работа направлена на разработку базы данных (БД) для информационной поддержки производства полимерных линз. В первую очередь БД предназначена для хранения данных по исследовательским проектам, ведущимся на кафедре ТПС Университета ИТМО по этой тематике. Кроме того, при необходимости она может быть дополнена и расширена и использоваться специалистами на реальном производстве.

Процесс проектирования и производства линз из полимерных материалов предусматривает решение комплекса вопросов по выбору или созданию новых полимерных оптических материалов, моделированию и анализу свойств материалов, определению конструкторско-технологического исполнения изделия, выбору и моделированию технологии производства изделия, проведению расчетов образцов изделия средствами различных расчетных систем. Для этих целей используются различные специализированные системы автоматизированного проектирования, системы управления данными, процессами.

Система должна отвечать ряду требований, основанных на тех процессах, которые протекают в ходе разработки, подготовки производства и изготовления полимерных линз. Она имеет специализированную область применения и обязана решать все задачи, которые перед ней ставятся в полном объеме. При этом нет требований по универсальности такой системы, что позволяет урезать часть возможностей для снижения трудоемкости разработки и поддержки целостности и непротиворечивости. Возможности системы должны обеспечивать как общий функционал (например, функционал, обеспечивающий работу единого информационного пространства), так и специальный для работы в такой сфере, которой соответствует система (например, справочник полимерных материалов). В целом, система должна осуществлять обеспечивающую и поддерживающую функции.

Основная **цель работы** – создание образца БД с помощью PDM-системы и разработка методики ее использования при управлении проектами по производству линз из полимерных оптических материалов.

На роль системы управления данными об изделии была выбрана PDM-система ENOVIASmarTeam, поскольку:

- накоплен положительный опыт в области создания автоматизированных систем технологической подготовки производства с использованием данной системы [5];
- в системе используется объектно-ориентированный подход к построению в ней модели предметной области;

– система в полной мере поддерживает функции систем такого класса: обеспечение единого информационного пространства, ведение электронного архива, совместимость с CAD/CAM/CAE системами [1].

При выборе подхода к проектированию БД было решено использовать методологию, основанную на объектно-ориентированном подходе к анализу и проектированию бизнес-процессов и информационных систем [4]. В качестве средства реализации такого подхода выбран язык UML [6].

Создание системы для информационной поддержки, согласно выбранной методологии, должно предваряться исследованием предметной области. В данной работе первым делом было выполнено исследование делового процесса производства полимерных линз и формализация его в виде схем «как есть», посредством диаграмм деятельности UML. Такое описание позволило определить выполнения задач процесса и их последовательность, исполнителей и информацию, сопровождение и поддержка которой требуется в системе.

По результатам исследования бизнес-процессов, было сформировано полное описание проектируемой системы – ее спецификация. Она представляет собой модельное описание БД и включает в себя следующие модели:

– функциональную, которая, во-первых, предполагает формализацию функциональных требований к системе посредством диаграммы вариантов использования UML. Под требованиями понимаются характеристики системы, которым она должна удовлетворять в процессе своей эксплуатации [3]. Во-вторых, данная модель включает описание процессов производства полимерных линз с использованием БД в PDM-системе посредством диаграмм деятельности UML;
– информационную, которая представлена в виде диаграмма классов UML и предназначена для описания логической структуры БД. Данная модель построена в результате исследования принципов хранения данных в PDM-системе ENOVIASmarTeam и учитывает ее особенности;
– организационную, которая предназначена для описания задействованных в деловых процессах специалистах и отображения их в системе в виде групп пользователей, с определением круга задач, решаемых каждым пользователем. Круг решаемых задач реализован в виде сценариев работы пользователей в системе. Сценарии представлены в виде диаграмм последовательности UML и текстового описания.

На основе построенных моделей в PDM-системе поэтапно была реализована проектируемая БД. Информационная модель была реализована на этапе построения модели данных. Функциональная и организационная – на этапах наполнения и опытного использования БД.

Для формирования в системе модели изделия была разработана методика группирования и хранения информации. Под моделью изделия здесь следует понимать всю совокупность данных, связанных с линзой в процессе ее производства [2]. Методика описывает, в каком порядке в систему вносятся данные и с какими классами они связаны.

Для испытания работоспособности БД были проведены эксперименты, которые заключались в апробации модели данных путем наполнения базы и исследования основных функций. Критерием оценки работоспособности БД являлось соответствие ее возможностей требованиям, установленным на этапе функционального моделирования. Для проведения эксперимента были подготовлены данные, подлежащие сохранению в БД. Данные связаны с проектом производства полимерных линз, который в настоящее время ведется на кафедре ТПС Университета ИТМО.

Результаты испытаний показали, что созданная структура БД позволяет вести проекты по производству полимерных линз, управлять изделиями и документами в

составе проекта. Система обеспечивает распределенный доступ к данным проекта и предоставляет механизмы для работы со сторонними CAD-системами, что предполагает наличие интеграции с форматами данных систем, а также с универсальными форматами, типа STEP, STL, IGES. Однако в данном проекте необходимо сохранять данные в форматах систем Moldex3D, OOFELE и ZEMAX, которые не поддерживаются ENOVIASmarTeam. В связи с этим для файлов, указанных систем БД может быть применена только в качестве электронного архива, так как для обеспечения интеграции необходима разработка специальных модулей. Дальнейшим развитием системы может стать реализация функциональных UML-моделей с помощью WorkFlow-диаграмм для автоматизации управления жизненным циклом объектов системы. А также расширение возможностей информационной совместимости систем моделирования, например, сохранение данных о материале из базы данных Moldex3D в справочник материалов БД в PDM-системе.

Литература

1. Бахтизин В.В., Глухова Л.А. Технология разработки программного обеспечения. – Минск: БГУИР, 2010. – 267 с.
2. Кузьмик П.К., Норенков И.П. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.
3. Леоненков А.В. Самоучитель UML 2. – СПб: БХВ-Петербург, 2007. – 576 с.
4. Леоненков А.В. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с использованием UML и IBM Rational Rose. – М.: Интернет-университет информационных технологий. БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 320 с.
5. Яблочников Е.И. Методологические основы построения АСТПП. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2005. – 84 с.
6. Яблочников Е.И. Использование диаграмм UML для визуального моделирования предметной области при построении АСТПП // Информационные технологии. – 2004. – № 2. – С. 15–20.

Макарова Екатерина Викторовна
Год рождения: 1991
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа № 6309
Направление подготовки: 200400 – Оптотехника
e-mail: rysa13@mail.ru

УДК 535.317

РАЗРАБОТКА ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОВОЙ ГОЛОВКИ САМОНАВЕДЕНИЯ РАКЕТ

Е.В. Макарова
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Зверев

Методы наведения ракет на поражаемую цель. Использование метода прямого наведения ракеты на цель или метода погони приводит к большой кривизне траектории ракеты, а, следовательно, величина возникающих нормальных перегрузок ракеты может достигать очень больших значений. В самонаводящихся ракетах класса «земля–

воздух» широкое применение получил метод пропорционального наведения, при котором угловая скорость вращения вектора скорости ракеты пропорциональна угловой скорости вращения линии ракета-цель. При таком методе наведения удается избежать перегрузок, о которых было сказано выше [11].

1. Следящий координатор цели с гироскопической системой слежения. Схема следящего координатора цели. Одним из типов систем управления является система самонаведения. Важнейшим элементом системы самонаведения является координатор цели, служащий для непрерывного и автоматического определения угла между осью координатора или заданным направлением и линией ракета-цель, т.е. угла рассогласования. Координаторы цели, с помощью которых осуществляется метод пропорционального наведения, называются следящими координаторами. В настоящее время в самонаводящихся ракетах наибольшее применение получили следящие координаторы цели с гироскопической системой слежения. Прецессионное движение гироскопа практически безынерционно [11].

   Следящий координатор цели с гироскопической системой слежения состоит из обычного координатора, оптическая система которого жестко связана с ротором или с внутренней рамкой трехстепенного гироскопа, и коррекционных датчиков моментов. Узел, объединяющий оптическую систему координатора, модулирующий диск и приемник лучистой энергии, размещен в карданном подвесе, обеспечивающем большой угол качания узла относительно оси ракеты. Модулирующий диск жестко связан с ротором гироскопа.
2. Координаторы цели, основанные на фазовом принципе. Достаточно широко применяются координаторы цели, основанные на фазовом принципе. В координаторах цели этого типа угол рассогласования определяется величиной сдвига по фазе сигналов фототока, вызванных излучением цели, относительно «опорных» сигналов, характеризующих начало отсчета.

   При расположении цели на оси координатора модуляция излучения при вращении модулирующего диска отсутствует. Если изображение цели смещается от центра, радиальные полосы диска начинают модулировать лучистый поток с частотой 400 Гц. Фаза сигнала зависит от положения изображения цели на модулирующем диске, т.е. от угла фазирования.

«Мертвая зона» модулирующего диска; качество образованного изображения цели. Так как цель имеет определенные размеры, а оптическая система имеет ограниченную разрешающую способность, изображение цели в плоскости модулирующего диска представляет собой не точку, а пятно конечных размеров. Вследствие этого амплитуда выходного сигнала изменяется по мере увеличения угла рассогласования, характеризуемого величиной радиального смещения изображения цели от оптической оси. Важно заметить, что размер мертвой зоны можно уменьшить путем уменьшения изображения цели за счет уменьшения аберраций оптической системы координатора.

Выбор спектральной области излучения для эффективного функционирования разрабатываемой инфракрасной (ИК) головки самонаведения. Выбор спектральной области излучения для эффективного функционирования разрабатываемой ИК-головки самонаведения определяется, прежде всего, спектральным пропусканием атмосферы [19]. Приемники на основе сульфида свинца (PbS) обладает чувствительностью к излучению в диапазоне длин волн от 1,3 мкм до 3 мкм. Сопоставляя спектральные полосы пропускания излучения атмосферой с диапазоном спектральной чувствительности приемника излучения (без

охлаждения), для разработки оптической системы объектива тепловой следящей головки самонаведения (ТСГС) выбираем спектральный диапазон излучения от λ=1,5 мкм до λ=2,5 мкм.

Принципиальная схема оптической системы объектива ТСГС. Ракеты, снабженные ИК-головками самонаведения, как правило, имеют скругленную носовую часть, при этом обтекатель выполняется в виде мениска, поверхности которого концентричны центру прокачки ротора гироскопа, что необходимо для сохранения коррекции аберраций изображения, образованного оптической системой ТСГС, при работе на любых углах пеленга. Оптическая система ТСГС практически должна быть втиснута в пространство между обтекателем и центром прокачки гироскопа, при этом фронтальная часть оптической системы должна иметь малые габариты для обеспечения работы при требуемых углах пеленга.

Учитывая жесткие требования к массогабаритным характеристикам оптической системы ТСГС, выбираем зеркально-линзовый тип объектива, отличающийся компактностью и сравнительной простотой конструкции, а также лучшей коррекцией аберраций изображения при высокой светосиле и малом угловом поле объектива. В связи с тем, что в координаторе цели применяется электромагнитная система коррекции гироскопа, ротор последнего включает в себя постоянный магнит, роль которого, как правило, выполняет главное зеркало объектива, изготовленное из магнитотвердого материала. В простейшем случае оптическая система объектива ТСГС состоит из обтекателя и отражающей поверхности сферической формы (рис. 1).

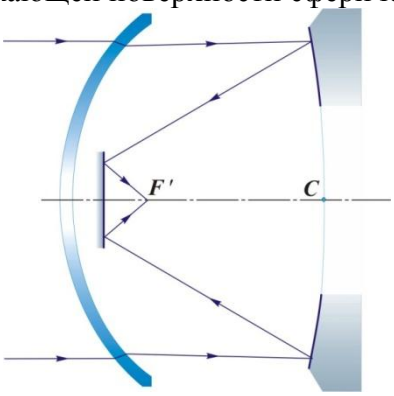


Рис. 1. Принципиальная схема оптической системы головки самонаведения

Варианты построения оптической системы объектива координатора при несферической форме отражающей поверхности главного зеркала. Рассмотрим возможность коррекции аберраций путем деформации сферической поверхности зеркала. Пусть поверхность зеркала имеет форму параболоида вращения. При совершенной коррекции аберраций в изображении осевой точки аберрации в изображении внеосевых точек весьма велики.

В ГОИ им. С.И. Вавилова в 1965 году инженером В.Я. Ивановой под руководством профессора Г.Г. Слюсарева была разработана оптическая система, представляющая собой сочетание главного зеркала с несферической отражающей поверхностью, определяемой уравнением четвертой степени, вторичного зеркала сферической формы, двухлинзового компенсатора и обтекателя [15]. При весьма совершенной коррекции аберраций в видимой и ИК-областях спектра этот объектив не был применен из-за большого диаметра вторичного зеркала и технологических проблем изготовления несферической отражающей поверхности. В связи с этим поиск других коррекционных возможностей необходимо было продолжить.

Варианты построения оптической системы объектива координатора при использовании коррекционных свойств плоскопараллельной пластинки в сходящемся пучке лучей. Оптическую систему объектива ТСГС можно построить, используя возможность весьма совершенной коррекции сферической аберрации в изображении бесконечно удаленной точки, образованной отражающей поверхностью сферической формы, с помощью плоскопараллельной пластинки, расположенной в сходящемся пучке лучей.

Используя свойства пластинки, расположенной на предельно допустимом наименьшем расстоянии от отражающей поверхности, можно построить оптическую систему, формирующую изображение близкого к требуемому качества [7].

Построение оптической системы объектива координатора с вторичным зеркалом в виде афокального зеркально-линзового компонента. Центральное экранирование осевого пучка лучей и массу вынесенных элементов относительно главного зеркала можно существенно уменьшить, если коррекционные свойства отрицательной линзы двухлинзового компенсатора перенести на вторичное зеркало, заменив его плоскую отражающую поверхность эквивалентным зеркально-линзовым компонентом.

В результате применения в качестве коррекционных элементов вторичного зеркала предложенной конструкции и положительной линзы, расположенной в пространстве между вторичным зеркалом и плоскостью изображения, разработана конструкция и выполнен аберрационный расчет объектива, формирующего изображение требуемого качества и удовлетворяющего габаритным требованиям размещения в координаторе цели.

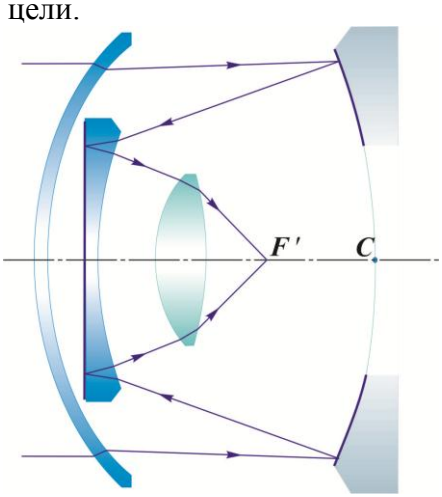


Рис. 2. Схема итоговой оптической системы координатора

Результаты выполненной работы. В ходе данной работы был проведен анализ возможных вариантов композиции оптической системы головки самонаведения ракет.

Были выявлены плюсы и минусы схем, на основе чего в результате был выбран наилучший вариант. На его основе и был выполнен расчет.

Система, полученная в результате исследования удовлетворяет всем техническим требованиям. Она имеет минимальные габаритные размеры, минимальный вес. Решена проблема с композицией системы, связанная с особенностями состава головки самонаведения ракеты.

Полученная система достаточно проста в изготовлении и имеет довольно небольшую стоимость, что позволит использовать эту схему в изделиях массового производства. Ракеты с головками самонаведения стоят на вооружении практически всех стран мира, что говорит о востребованности разработки оптической системы для

подобных ракет. В дальнейшем на базе полученной системы можно будет продолжить исследования модернизации этого изделия.

На основе этого можно сделать вывод, что данная работа имеет не только научное, но и техническое и социальное значение.

Литература

1. Андреев Л.Н. Прикладная теория аберраций. Учебное пособие. – СПб: СПбГИТМО (ТУ), 2002. – 98 с.
2. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. – М.: Наука, 1970. – 856 с.
3. Волосов Д.С., Цивкин М.В. Теория и расчет светооптических систем. – М.: Искусство, 1960. – 526 с.
4. Грамматин А.П. Методы синтеза оптических систем. Учебное пособие. – СПб: СПбГИТМО (ТУ), 2002. – 65 с.
5. Госсорг Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение. – М.: Мир, 1988. – 416 с.
6. Запрягаева Л.А., Свешникова И.С. Расчет и проектирование оптических систем: Учебник для вузов. – М.: Логос, 2000. – 584 с.
7. Зверев В.А., Хлусова Н.И. Применение плоскопараллельной пластинки для исправления сферической аберрации // ОМП. – 1972. – № 9. – С. 24–25.
8. Зверев В.А. Оптическая система сферического зеркала с плоскопараллельной пластиной // ОМП. – 1986. – № 11. – С. 30–32.
9. Зверев В.А. Основы геометрической оптики. – СПб: СПбГИТМО (ТУ), 2002. – 218 с.
10. Зверев В.А., Кривопустова Е.В. Оптотехника несферических поверхностей. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 203 с.
11. Криксунов Л.З., Усольцев И.Ф. Инфракрасные устройства самонаведения управляемых снарядов. – М.: Советское радио, 1963. – 240 с.
12. Джемисон Ж.Э., Мак-Фи Р.Х., Пласс ДЖ.Н., Грубе Р.Г., Ричардс Р.Дж. Физика и техника инфракрасного излучения. – М.: Советское радио, 1965. – 644 с.
13. Русинов М.М. Техническая оптика. Учебное пособие для вузов. – Л.: Машиностроение, 1979. – 488 с.
14. Слюсарев Г.Г. Методы расчета оптических систем. – Л.: Машиностроение, 1969. – 672 с.
15. Слюсарев Г.Г. Расчет оптических систем. – Л.: Машиностроение, 1975. – 640 с.
16. Турыгин И.А. Прикладная оптика. – М.: Машиностроение, 1965. – 362 с.
17. Чуриловский В.Н. Теория оптических приборов. – М.-Л.: Машиностроение, 1966. – 564 с.
18. Чуриловский В.Н. Теория хроматизма и аберраций третьего порядка. – Л.: Машиностроение, 1968. – 312 с.
19. Госсорг Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение / Пер. с франц. – М.: Мир, 1988. – 416 с.

Малахов Юрий Леонидович
Год рождения: 1990
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевой инженерии и автоматизации, кафедра автоматизации биотехнологических и теплофизических процессов, группа № и6251
Направление подготовки: 220700 – Автоматизация технологических процессов и производств
e-mail: icedog15@yandex.ru

УДК 658.011.56:637.1/.5(075.32)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КАНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ В МАСЛОИЗГОТОВИТЕЛЕ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Ю.Л. Малахов
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Балюбаш

В производственных операциях производства сливочного масла важным и наиболее значимым параметром, который определяет качество выпускаемого продукта и количество использования исходного сырья при необходимом уровне производительности оборудования и расхода энергии, является влажность готового продукта. Высокая мощность и производительность линий по производству сливочного масла в Российской Федерации создает необходимость для повышения качества сливочного масла, а в частности, выпуск сливочного масла с необходимым содержанием влаги при его производстве. Так как появляется тенденция к росту производительности, особенно способом непрерывного сбивания.

Показатели качества сливочного масла, в основном, его влажность и поддержание ее на заданном уровне может определяться параметрами сырья. Параметры сырья сложно контролировать из-за снижения количества производителей молока. Молоко от разных производителей и различие его параметров, которое перерабатывают в сливки для дальнейшего производства масла, может создать отклонение влажности готового продукта до 4%. Это может привести к переходному режиму работы оборудования.

Все это усложняет процесс стабилизации влажности и необходимо рассмотреть вопросы, связанные со стабилизацией влажности готового продукта, энергосбережения (что в современном мире остается актуальным, чуть ли не на первом месте) и вопрос экономии сырья, в связи с уменьшением производителей молока.

Нужно выбрать каналы управления, которые будут обеспечивать влажность сливочного масла на заданном уровне.

Методы, которые существуют сейчас и направленные на поддержание влажности, включают в себя операторное управление и используют каналы управления по отклонению, такие как изменение частоты вращения мешалки сбивателя и подачу нормализующего компонента в конце технологической операции.

Данные способы поддержания влажности не дают такой точности и быстроты управления, а особенно в тех случаях, когда сырье постоянно меняется, следовательно, трудно держать в пределах заданный процент влажности готового продукта при допустимых отклонениях.

В процессе производства сливочного масла одной из самых важных целей – это не допустить выход брака продукции – для этого специально занижают влажность готового продукта примерно на 1,5%. Но это получается экономически не выгодно и энергозатратно и снижается производительность оборудования. Главное в процессе

сбивания то, что – это конечный этап производства сливочного масла – и появления брака и невозможность его исправления будет стоить дополнительных ресурсов.

В настоящее время существующие способы стабилизации не обеспечивают качество и оперативное управление в условиях переходного режима работы маслоизготовителя непрерывного действия (МНД) и, следовательно, требуется совершенствование аппаратурно-технологической структуры каналов управления.

Необходимо предвычислять ожидаемые отклонения влажности готового продукта и вносить управляющие воздействия. Повысить качество стабилизации можно путем увеличения количества каналов управления.

Это даст снижения времени запаздывания и создаст «благоприятную» работу каналов управления в рекомендованных параметрах.

Для достижения поставленной цели в работе рассмотрены следующие задачи:

1. общие сведения, историческая справка о производстве сливочного масла;
2. технология производства сливочного масла, начиная от сепарирования молока до готового продукта (сливочного масла);
3. описана техническая характеристика рассматриваемого объекта (установки непрерывного действия);
4. выполнен аппаратурно-технологический анализ процесса и на его основе сделан синтез параметрической схемы;
5. проведен анализ объекта и сделан выбор способа стабилизации влажности;
6. произведена работа, предусматривающая анализ каналов управления в рассматриваемом объекте управления;
7. на основе параметрической схемы объекта создан алгоритм управления процессом стабилизации влажности;
8. выполнено обоснование и выбор технологических зон контроля и управления;
9. предоставлена общая характеристика процесса сбивания;
10. описаны условия, при которых осуществляется процесс сбивания сливок;
11. для различных времен года (сезона) предоставлены данные о числе оборотов мешалки сбивателя (скорости вращения) и установлена зависимость между содержанием жира в сливках и продолжительностью сбивания;
12. выполнен поиск данных про величину зазора между краем лопасти и внутренней стенкой цилиндра сбивателя. Анализ зависимости влажности готового продукта от величины зазора мешалки сбивателя. Разработано устройство для сбивания сливок к МНД, в котором появилась возможность регулировки зазора. Для данного устройства дополнительно сделана модернизация и применен ПИД-регулятор для ухода от сложного привода и червячной пары плюс появилась возможность управлять величиной зазора автоматически через управляющий комплекс (УК);
13. сделана технико-экономическая оценка автоматизации и рассмотрены основные направления.

Известные решения направлены на стабилизацию влажности путем внесения нормализующего компонента на выходе масла из маслоизготовителя. Однако они могут быть применены в том случае, когда режим работы маслоизготовителя гарантированно обеспечивает поддержание влажности сливочного масла на уровне ниже заданного значения при небольших отклонениях влажности. При значительных отклонениях влажности внесение в больших количествах нормализующего компонента нарушает технологически допустимое распределение влаги в масле, что ухудшает его качество.

Известный способ (прототип) предусматривает стабилизацию влажности масла путем изменения температуры сливок, поступающих на сбивание. Это может привести к изменению перепада температуры внутри сбивателя. Для отвода излишнего тепла из сбивателя в его рубашку подается охлаждающая вода. Ее расход для

маслоизготовителя производительностью 1000 кг масла в час составляет до 14 м³/ч. В существующих МНД не предусмотрено измерение и, соответственно, управление разностью температур масляного зерна и сливок, поступающих на сбивание, и подача охлаждающей воды в рубашку сбивателя идет свободным потоком.

При высоких возмущающих воздействиях, таких как изменение режимов работы маслоизготовителя или подключение нового резервуара со сливками, отличных по свойствам и характеристикам которой, определяется конечная влажность сливочного масла, приводит к изменению теплоты, выделяемой при сбивании. Что, в свою очередь, приводит к колебаниям температуры продукта в процессе сбивания и конечной влажности сливочного масла.

Предлагаемое изобретение направлено на повышение качественных показателей процесса стабилизации (управления стабилизацией) влажности масла при изменении параметров, поступающих на сбивание сливок, а также при изменении режимов работы маслоизготовителя.

Это достигается тем, что дополнительно определяют температуру смеси масляного зерна и пахты в конце технологической операции сбивания сливок (на выходе сбивателя) и температуру сливок, поступающих на сбивание (на входе в сбиватель). Стабилизируют разность этих температур (перепад температуры внутри сбивателя) в соответствии с величиной ее отклонения от технологически допустимого значения и, таким образом, функционально управляют содержанием влаги в сливочном масле.

Предлагаемый способ может быть реализован с применением устройства, которое включает сбиватель с мешалкой сбивателя и рубашкой сбивателя. На входе в сбиватель установлен первичный преобразователь температуры сливок, поступающих на сбивание, внутри сбивателя установлен первичный преобразователь температуры смеси масляного зерна и пахты. Сигналы от этих первичных преобразователей постоянно поступают в управляющий комплекс, который определяет разность полученных значений от преобразователей и (перепад температуры внутри сбивателя) и сравнивает ее с технологически допустимым значением. При превышении разности температур технологически допустимого значения управляющий комплекс в соответствии с величиной, полученной разности, формирует управляющее воздействие – количество подаваемой охлаждающей воды в рубашку сбивателя – и подает его на исполнительный механизм, который изменяет подачу охлаждающей воды в рубашку сбивателя, приводя тем самым перепад температуры внутри сбивателя к заданному значению.

Решение задачи. Известен способ стабилизации влажности сливочного масла, предусматривающий управление температурой сливок, поступающих на сбивание, частотой вращения мешалки сбивателя и подачей нормализующего компонента, и отличается тем, что дополнительно определяют разность температуру масляного зерна на выходе из сбивателя и сливок на входе в сбиватель и стабилизируют отклонение этой разности температур от технологически допустимого значения путем изменения подачи охлаждающей воды в рубашку сбивателя (рис. 1).

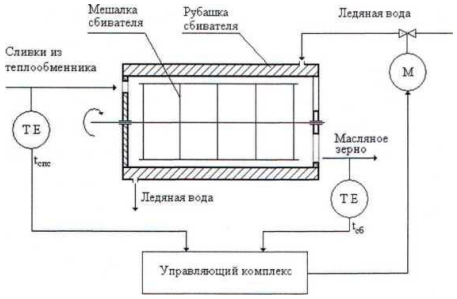


Рис. 1. Схема процесса стабилизации прироста температуры сливок в сбивателе

Эффективность сбивания сливок также зависит и от величины зазора между краем лопасти и стенкой цилиндра сбивателя.

Величина зазора определяет интенсивность механического воздействия на сливки, которая характеризуется градиентом скоростей. Независимо от того какого размера цилиндр сбивателя и число оборотов у мешалки, средний градиент скоростей находится в пределах 9000–11000 $с^{-1}$. Градиент скоростей напрямую зависит от радиуса и скорости вращения мешалки сбивателя и обратно – от величины зазора между краем лопасти и стенкой цилиндра сбивателя.

Оптимальная величина зазора – это важное условие для сбивания сливок. Равняется эта величина зазора от 2 до 6 мм и зависит от того, какой зазор нам необходим, какое масло необходимо изготовить, и какие при этом сливки будут применяться. При отклонении величины зазора от среднего, время на сбивание сливок увеличивается.

Время и продолжительность сбивания сливок имеют экспоненциальную зависимость от расчетной толщины слоя сливок, которые движутся под действием мешалки и имеют обратную зависимость, которая определяется скоростью обратного течения сливок через зазор между краем лопасти и стенкой цилиндра.

Оптимальная величина зазора также зависит и от содержания жира в сливках. Чем выше содержание жира в сливках, тем больше необходимая величина зазора. В зимний период года, когда сливки менее жирные и для улучшения процесса сбивания величина зазора должна быть уменьшена, лучше использовать сетчатую вставку при сбивании сливок для интенсификации процесса.

Устройство для сбивания сливок к маслоизготовителю непрерывного действия модернизированное.

Принцип работы устройства. Подготовленные сливки поступают через патрубок 13 на распределительное приспособление 3, после этого равномерно распределяются на вращающиеся лопасти 7 вала 2. В процессе продвижения продукта к выходному патрубку 14 происходит агрегация жировых шариков и их комкование. Оптимизация технологического процесса сбивания достигается возможностью установления необходимой величины зазора между лопастями мешалки и внутренней поверхностью цилиндрического корпуса в процессе сбивания. Для этого с помощью штока исполнительного механизма 12 происходит осевое перемещение. Одновременно дополнительный вал 9 перемещается горизонтально и увлекает за собой муфту 10 с поводками 5. Лопасти 7, установленные на стержнях 4, поводком 5 в зависимости от направления вращения перемещаются в горизонтальном направлении вправо или влево. Положение лопастей 7 в цилиндрическом корпусе 1 определяется сопряжением пазов 8 и пальцев 6 стержней 4 (рис. 2).

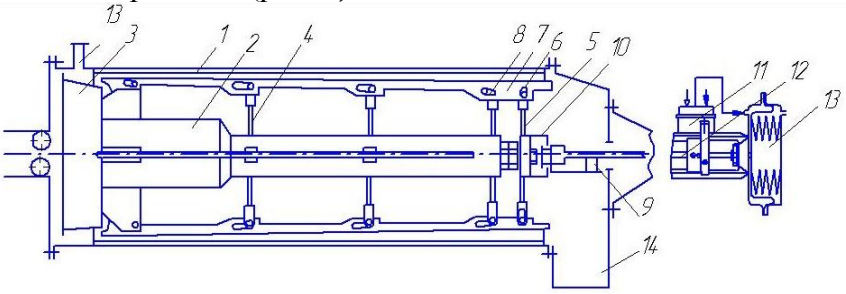


Рис. 2. Общий вид устройства: 1 – цилиндрический корпус; 2 – вал; 3 – распределительное приспособление; 4 – стержни; 5 – поводок; 6 – палец; 7 – лопасть (била); 8 – паз; 9 – дополнительный вал; 10 – полумуфта; 11 – ПИД-регулятор; 12 – шток исполнительного механизма; 13 – привод исполнительного механизма; 14 – патрубок для выхода масляного зерна

Пазы 8 в лопастях 7 выполнены под определенными углами, различными у каждого из стержней 4. Пальцы 6 укреплены на стержнях 4 жестко. При сопряжении пазов 8 и пальцев 6 их оси создают параболу и лопасти 7 устанавливаются в цилиндре с измененным по длине угловым зазором. Этот зазор увеличивается по направлению выходного патрубка и также создает параболу, что оптимизирует энергетический режим сбивания сливок в масло, так как величина комков масляного зерна увеличивается в направлении выходного патрубка.

Использование данного устройства позволит регулировать процесс сбивания только изменением зазора и отказаться от сложного привода, будет обеспечиваться оптимальный технологический и энергетический режим работы и главное – упростит регулирование процесса сбивания сливок в масло, сократится количество технических остановов и уменьшится отход жира в пахту.

По итогам проделанной работы выбраны каналы управления и добавлены новые, такие как поддержание разницы температур на входе и выходе рубашки сбивателя МНД. И разработан канал управления, связанный с регулированием величины зазора между краем лопасти и цилиндрическим корпусом сбивателя.

Появилась возможность оперативного управления в условиях подачи переменного состава сырья и поддержание заданного уровня влажности готового продукта в допустимых отклонениях.

УК имеет возможность предвычислять ожидаемое отклонение и подавать необходимые управляющие воздействия на различные каналы.

В связи с этим снизится уровень производства бракованной продукции и отпадет необходимость занижать уровень влажности готового продукта, следовательно, производство станет менее энергозатратным, более экономически выгодным и увеличится производительность оборудования.

Предложенная аппаратурно-технологическая структура управления значительно повышает качество и оперативное управление режимов работы МНД.

Литература

1. Алёшичев С.Е. Совершенствование процесса аппаратурно-технологической стабилизации влажности при производстве сливочного масла способом непрерывного сбивания: Автореф. дис. … канд. техн. наук. – СПб, 2008. – 40 с.
2. Стегаличев Ю.Г., Балюбаш В.А., Замарашкина В.Н. Технологические процессы пищевых производств. Структурно-параметрический анализ объектов управления. Учеб. пособие для вузов. – СПб: Феникс, 2006. – 255 с.
3. Брусиловский Л.П., Вайнберг А.Я. Автоматизация технологических процессов в молочной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 345 с.
4. Грищенко А.Д., Арсеньева Т.П. Технология сливочного масла. Ч. 1: Учеб. пособие. – СПб: СПбГУНиПТ, 2000. – 115 с.
5. Патент РФ №2497355 опубл. Бюл. №31 от 10.11.2013 / Алёшичев С.Е., Балюбаш В.А., Ересько Г.А., Майберода Ю.В.
6. Балюбаш В.А., Алёшичев С.Е. Формирование многоканальной системы стабилизации влажности сливочного масла // Сыроделие и маслоделие. – 2007. – № 2. – С. 45–46.

Метлушко Екатерина Александровна
Год рождения: 1991
Факультет оптико-информационных систем и технологий, кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа № 6303
Направление подготовки: 200400 – Оптотехника
e-mail: katja_met@mail.ru

УДК 621.56

РАЗРАБОТКА КОМПОНЕНТОВ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПТИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Е.А. Метлушко
Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.Д. Толстоба

В повседневной практике конструирования соединений многие задачи решаются методом аналогии на основе опыта конструктора. Существует достаточное число конструкций, которые опробованы и зафиксированы в памяти конструктора и в справочной литературе. Разработка новых решений, как правило, не дает существенного эффекта. Так как процесс выбора типов соединений носит массовый характер, он не должен быть длительным для большинства принимаемых конструктором решений, поэтому, если имеется набор типовых или слабоконтрастных решений, эмпирический метод аналогии следует считать приемлемым и достаточно эффективным.

Метод матрицы оптимизации решений моделирует процесс конструирования. Если не пользоваться матрицей, то конструктору все равно необходимо проанализировать варианты, разница, однако, будет в том, что весьма трудно удержать в уме, в концентрированном виде, весь тот объем информации и состав действий, которые сопутствуют принятию решения. В результате резко снижается вероятность нахождения оптимального решения.

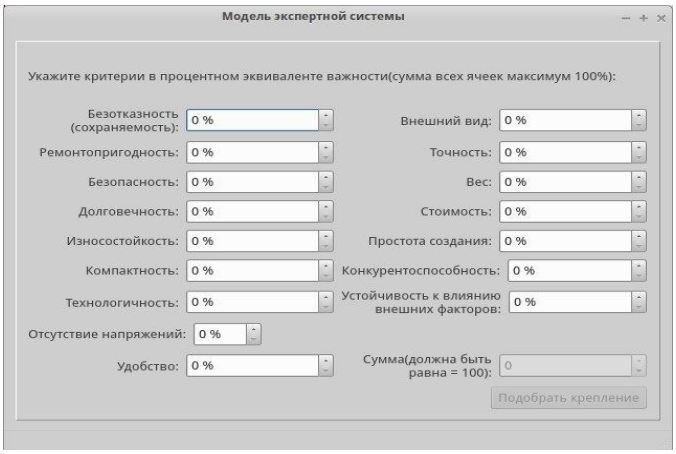
Целью работы являлось изучение методов и приемов автоматизации этапа конструирования, разработка компонентов экспертной системы (ЭС) для оптического приборостроения.

Ставились следующие задачи:

1. изучение способов автоматизации конструирования, принятых на производстве;
2. разработка алгоритмов, подходящих для изучения структуры ЭС, адаптация матрицы оптимизации для работы с такими задачами;
3. проверка сохранения работоспособности матриц;
4. изучение возможностей применения ЭС на производстве, обучение матрицы оптимизации и адаптация ее к решению задач предприятия.

Матрица оптимизации решений была автоматизирована. Программа «Модель экспертной системы» (табл. 1), предназначена для выбора способа крепления при заданных начальных условиях эксплуатации. Пользователями программы могут быть начинающие инженеры-конструкторы в области оптического приборостроения, студенты технических специальностей близких к оптотехнике. Для разработки программы использовался язык C++ и набор библиотек QT 5.0. Используемая среда разработки QT Creator.

Таблица 1. Вид программного комплекса



Было рассмотрено множество случаев, которые могут быть предъявлены заказчиком, для каждого из них рассмотрен ряд весовых коэффициентов. Для примера рассмотрен один из случаев (табл. 2), когда к объективу предъявляются высокие требования по качеству изображения и получено оптимальное решение.

Таблица 2. Варианты способов крепления по критериям

Критерии	Весовой коэффициент	Варианты способов крепления							
		Завальцовкой		Завальцовкой с подкладным кольцом		Резьбовым кольцом		Резьбовым и пружинным кольцом	
Безотказность (сохраняемость)	0,12	8	0,96	6	0,72	10	1,2	10	1,2
Ремонтопригодность	0,12	1	0,12	1	0,12	10	1,2	10	1,2
Безопасность	0,02	7	0,14	6	0,12	9	0,18	7	0,14
Долговечность	0,12	8	0,96	5	0,6	10	1,2	9	1,08
Износостойкость	0,05	9	0,45	7	0,35	7	0,35	10	0,5
Компактность	0,02	10	0,2	8	0,16	5	0,1	1	0,02
Технологичность	0,05	4	0,2	2	0,1	8	0,4	1	0,05
Отсутствие напряжений	0,1	8	0,8	10	1	2	0,2	10	1
Удобство	0,01	10	0,1	7	0,07	8	0,08	4	0,04
Внешний вид	0,01	10	0,1	9	0,09	6	0,06	3	0,03
Точность	0,15	8	1,2	6	0,9	4	0,6	9	1,35
Вес	0,02	10	0,2	8	0,16	3	0,06	1	0,02
Стоимость	0,04	7	0,28	3	0,12	6	0,24	2	0,08
Простота создания	0,02	5	0,1	3	0,06	6	0,12	2	0,04
Конкурентоспособность	0,02	9	0,18	6	0,12	6	0,12	7	0,14
Устойчивость к влиянию внешних факторов	0,1	8	0,8	10	1	8	0,8	10	1
Итого	1	$S1$=7,09		$S2$=5,96		$S3$=7,11		$S4$=8	

Продолжение таблицы 2

Критерии	Весовой коэффициент	Варианты способов крепления									
		Резьбовым и промежуточным кольцом		Приклеиванием		Проволочным кольцом		Пружинящими планками		Накладным кольцом	
Безотказность (сохраняемость)	0,12	10	1,2	8	0,96	8	0,96	9	1,08	9	1,08
Ремонтопригодность	0,12	10	1,2	2	0,24	10	1,2	10	1,2	9	1,08
Безопасность	0,02	7	0,14	10	0,2	10	0,2	7	0,14	5	0,1
Долговечность	0,12	9	1,08	8	0,96	6	0,72	10	1,2	10	1,2
Износостойкость	0,05	8	0,4	8	0,4	7	0,35	10	0,5	10	0,5
Компактность	0,02	1	0,02	10	0,2	10	0,2	2	0,04	1	0,02
Технологичность	0,05	1	0,05	10	0,5	10	0,5	1	0,05	1	0,05
Отсутствие напряжений	0,1	10	1	7	0,7	7	0,7	7	0,7	8	0,8
Удобство	0,01	4	0,04	10	0,1	10	0,1	4	0,04	3	0,03
Внешний вид	0,01	3	0,03	10	0,1	10	0,1	3	0,03	3	0,03
Точность	0,15	9	1,35	7	1,05	2	0,3	10	1,5	8	1,2
Вес	0,02	1	0,02	10	0,2	9	0,18	1	0,02	1	0,02
Стоимость	0,04	2	0,08	7	0,28	10	0,4	3	0,12	4	0,16
Простота создания	0,02	2	0,04	9	0,18	10	0,2	3	0,06	2	0,04
Конкурентоспособность	0,02	8	0,16	8	0,16	8	0,16	7	0,14	6	0,12
Устойчивость к влиянию внешних факторов	0,1	9	0,9	6	0,6	6	0,6	10	1	8	0,8
Итого	1	$S5=7,82$		$S6=7,13$		$S7=7,17$		$S8=7,91$		$S9=7,35$	

Ранее были рассмотрены крепления для одиночных линз, но в приборостроении чаще всего используются линзовые системы. К линзовым системам оптических приборов относятся объективы, окуляры, оборачивающие системы, системы смены увеличения, конденсоры и коллекторы. Как правило, эти функциональные устройства состоят из нескольких или большого количества линз и склеенных блоков. Рассмотрим наиболее использующиеся крепления для линзовых систем. Составлена матрица оптимизации, аналогичная матрице оптимизации для одиночных линз, рассмотрены несколько случаев и получено оптимально решение.

В рамках разработки ЭС после сотрудничества с предприятием была создана новая матрица, которая может служить первоначальной матрицей оптимизации решений. И был исследован путь решения через расчет коэффициента влияния децентрировки на кому на примере одного из объективов с параметрами F'=50 мм, D:F=1:1,2.

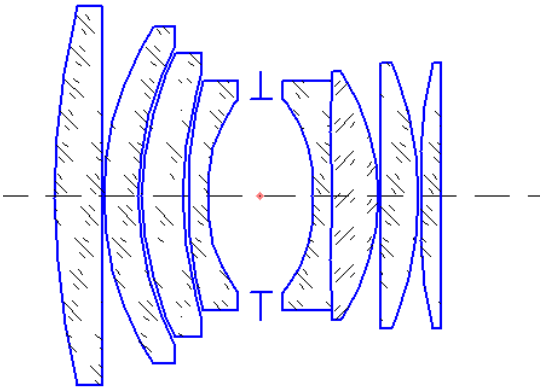


Рисунок. Схема объектива

Для расчета коэффициента влияния необходимо значение комы из таблицы влияния параметров на геометрические аберрации, далее рассчитываем величину коэффициента влияния для всех поверхностей объектива (рисунок).

Коэффициент влияния децентрировки на кому рассчитывается по формуле:

$A = \frac{к}{\Delta R}$,

где ΔR – изменение параметра линзы.

Рассчитаем величину коэффициента влияния для нескольких поверхностей объектива (табл. 3), где значение изменения параметра является неизменным параметром для всех поверхностей объектива и составляет 0,01 мм:

A_1 =0,00034/0,01=0,034

A_2 =0,0002/0,01=0,02.

Таблица 3. Величина коэффициента влияния для остальных поверхностей объектива

№ пов-ти	Коэффициент влияния A
1	0,034
2	0,002
3	0,034
4	–0,012
5	–0,027
6	–0,032
7	0,076
8	–0,552
10	–0,538
11	0,029
12	0,367
13	0,012
14	0,521
15	0,099
16	0,013

Был рассчитан коэффициент влияния для каждой поверхности линзы и выяснено, что поверхности 8, 10, 12 и 14 оказывают наибольшее влияние на качество изображения.

При креплении оптического элемента в оправу возможен разворот линзы, тем самым смещение центров кривизны линзы. В таких случаях был произведен расчет угла разворота линзы и произведен расчет комы для каждой из линз.

После расчет коэффициента влияния выяснено, какая из поверхностей оказывает наиболее влияние и назначены весовые коэффициенты исходя из этих данных. Проведя необходимую оценку, было получено оптимальное крепление.

В данной работе было изучены способы автоматизации конструирования, принятых на производстве, разработана модель ЭС, произведен расчет коэффициентов влияния децентрировки на кому для выбора крепления оптических элементов, исследована работоспособность составленной матрицы.

Данная работа была посвящена методу оптимизации решений для моделирования процесса конструирования. Ежедневно конструктору необходимо анализировать варианты и принимать решение, держать в уме в концентрированном виде весь тот объем информации, который сопутствует принятию решения. Пользуясь ЭС, инженер-конструктор в полной мере получает больше свободного времени для других творческих задач.

Была разработана модель ЭС, создана первоначальная матрица оптимизации решений посредством интервью с оптическим предприятием «ЛОМО».

Михеев Святослав Александрович
Год рождения: 1990
Институт комплексного военного образования,
кафедра бортовых приборов управления вооружением
и военной техникой, группа № 6755
Направление подготовки: 090900 – Информационная безопасность
e-mail: fasp@rambler.ru

УДК 004.05

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОМПАНИИ ПО ПРОДАЖЕ ЭЛЕКТРОНИКИ НА РЫНКЕ ГОРОДА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

С.А. Михеев
Научный руководитель – Р.И. Шабаев

В работе приведены результаты анализа устойчивости сети по продаже электроники на рынке города Санкт-Петербурга.

На первом этапе были выделены ведущие компании на рынке, за исключением интернет-магазинов, так как в них клиент не может непосредственно увидеть товар. Изучив информацию по компаниям и различные статьи и отчеты, были определены следующие ведущие участники рынка: ООО «М.видео Менеджмент», ООО «Эльдорадо», ООО «MediaMarkt», ООО «ТехноШок».

На втором этапе был произведен выбор ключевых показателей и их расчет по компаниям. Также выделены спецификационные коэффициенты и проведен подсчет веса компаний на рынке, как по районам, так и в целом по городу.

На третьем этапе был проведен анализ ключевых показателей компании «М.видео Менеджмент» и составлен прогноз на два квартала по методу кривых роста. Это стало возможным благодаря получению внутренней информации. Также на этом этапе были разработаны рекомендации для дальнейшего развития, чтобы не потерять долю рынка.

Литература

1. Жигулин Г.П. Прогнозирование устойчивости субъекта информационного взаимодействия. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 190 с.
2. Монин А.А. Ритейл в России. Особенности национальной розницы. – М.: Невский проспект; Вектор, 2007. – 204 с.

3. Ансофф И. Стратегический менеджмент. Классическое издание. – СПб: Питер, 2011. – 344 с.
4. Главные тренды потребительского рынка 2008: 50 слов от 50 CEO. – Изд-во: Эксмо, 2008. – 845 с.
5. Ферни Дж. Принципы розничной торговли. – Изд-во: Олимп-Бизнес, 2008. – 416 с.
6. Ньюмэн Э. Розничная торговля: организация и управление. – СПб: Питер, 2005. – 416 с.
7. Калугина С.А., Есютин А.А., Егарева Н.В. Розничные торговые сети: стратегии, экономика, управление. Учебное пособие для вузов. – Изд-во: КноРус, 2008. – 424 с.
8. Информационное агентство «РосБизнесКонсалтинг» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.rbc.ru, своб.
9. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: invest.mvideo.ru, своб.
10. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: intra.mvideo.ru, своб.
11. Официальный сайт компании «М.видео» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.mvideo.ru, своб.
12. Официальный сайт компании «MediaMarkt» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.mediamarkt.ru, своб.
13. Официальный сайт компании «ТехноШок» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: tshok.ru, своб.
14. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.forbes.ru, своб.
15. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.startupindex.ru, своб.
16. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.bcs-express.ru, своб.
17. Официальный сайт компании «Эльдорадо» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.eldorado.ru, своб.
18. Официальный сайт ритейлеров и поставщиков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.retail.ru, своб.
19. Официальный сайт сообщества профессионалов ритейла [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.retailer.ru, своб.
20. Бизнес-словарь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.businessvoc.ru, своб.

Мкртычян Наталия Бениаминовна
Год рождения: 1989
Естественнонаучный факультет, кафедра экологического приборостроения и мониторинга, группа № 6713
Направление подготовки: 280700 – Техносферная безопасность
e-mail: natmkrtychyan@gmail.com

УДК 005

ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ОКИСЛОВ СЕРЫ И АЗОТА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АВТОМАТИЧЕСКИХ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ

Н.Б. Мкртычян
Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. М.А. Мешалкин

При контроле и мониторинге состояния атмосферного воздуха опираются на результаты измерений массовой концентрации загрязняющих веществ, удовлетворяющие установленным требованиям к точности. Согласно [1] относительная погрешность не должна превышать ±25% в диапазоне от 0,8 до 10 $ПДК_а$ (предельно

допускаемой концентрации загрязняющего вещества в атмосферном воздухе). Этим требованием руководствуются при выборе, разработке и аттестации методик измерений, реализуемых в лабораториях на анализаторах универсального назначения (фотоколориметрах, спектрофотометрах, атомно абсорбционных спектрометрах, газовых хроматографах, хромато-масс-спектрометрах и др.). Пригодной признают методику, позволяющую проводить измерения с относительной расширенной неопределенностью (границами относительной суммарной погрешности) не более 25%. Сложнее подтвердить соответствие требованиям в том случае, когда для измерений применяют автоматические газоанализаторы. Причина в том, что автоматический газоанализатор имеет нормированные метрологические характеристики (основную погрешность, дополнительные погрешности, вариацию и др. [2, 3]), каждая из которых вносит вклад в интегральный показатель точности. Иногда с нормой точности измерений по [1] сопоставляют лишь основную погрешность газоанализатора, однако, такой подход нельзя признать корректным, так как условия, при которых проводятся измерения, могут существенно отличаться от условий, при которых определяется основная погрешность. Так в работе [4, С. 334] отмечено, что погрешность в условиях эксплуатации может быть равна удвоенному значению основной погрешности. В рамках современной метрологической терминологии задача формулируется следующим образом: необходимо оценивать неопределенность измерений, выполняемых автоматическим газоанализатором, на основе информации об его нормированных метрологических характеристиках и информации об условиях измерений.

Модель измерений при применении автоматического газоанализатора. При однократном измерении с помощью газоанализатора в регламентированных условиях измеренное значение массовой концентрации определяемого компонента при температуре 20°С и давлении 101,3 кПа (C_u) равно показанию газоанализатора (C_n), представляющему собой среднее арифметическое для совокупности показаний, полученных через равные интервалы времени за выбранный период (обычно за 20–30 мин). Согласно [4] массовая концентрация компонента, относимая к 20 мин, выступает в качестве «разовой концентрацией загрязняющего вещества».

Полное уравнение измерений (1) включает в себя коэффициенты (f_i), отражающие влияние различных факторов:

$$C_u = C_n \cdot f_d \cdot f_{\text{вар}} . f_t \cdot f_{P_a} \cdot f_{P_p} \cdot f_{\text{H}_2\text{O}} \cdot f_{\text{н.к.}} \cdot f_{\text{расх.}}, \qquad (1)$$

где f_d – коэффициент, отражающий возможную нестабильность газоанализатора в период между корректировками; $f_{\text{вар}}$ – коэффициент, отражающий вариацию показаний газоанализатора; f_t – коэффициент, отражающий влияние температуры окружающей среды (при ее изменении в допустимых границах); f_{P_a} – коэффициент, отражающий влияние атмосферного давления (при его изменении в допустимых границах); f_{P_p} – коэффициент, отражающий влияние давления анализируемого воздуха (при его изменении в допустимых границах); $f_{\text{H}_2\text{O}}$ – коэффициент, отражающий влияние влажности анализируемого воздуха (при его изменении в допустимых границах); $f_{\text{н.к.}}$ – коэффициент, отражающий влияние сопутствующих неопределяемых компонентов (при изменении их содержания в допустимых границах); $f_{\text{расх.}}$ – коэффициент, отражающий изменение расхода анализируемого воздуха через газоанализатор.

При выборе учитываемых факторов был принят во внимание стандартизованный комплекс нормируемых метрологических характеристик автоматических газоанализаторов, применяемых при контроле загрязнения атмосферного воздуха [2, 3]. В частном случае набор учитываемых факторов может отличаться от приведенного в большую или меньшую сторону.

Формула для расчета относительной суммарной стандартной неопределенности измерения. При описании измерения выражением (1) относительная суммарная неопределенность измерения массовой концентрации определяемого компонента вычисляется как корень из суммы квадратов относительных неопределенностей входных величин [5]:

$$u^0 = \sqrt{(u_n^0)^2 + (u_d^0)^2 + (u_{\text{вар.}}^0)^2 + (u_t^0)^2 + (u_{P_a}^0)^2 + \\ + (u_{P_p}^0)^2 + (u_{\text{H}_2\text{O}}^0)^2 + (u_{\text{н.к.}}^0)^2 + (u_{\text{расх.}}^0)^2}, \quad (2)$$

где u^0 – относительная суммарная стандартная неопределенность измерения, %; u_n^0 – относительная стандартная неопределенность (в %), связанная с основной погрешностью газоанализатора; u_d^0 – относительная стандартная неопределенность, связанная с возможной нестабильностью показаний газоанализатора в период между корректировками, %; $u_{\text{вар.}}^0$ – относительная стандартная неопределенность, связанная с вариацией показаний газоанализатора, %; u_t^0 – относительная стандартная неопределенность, связанная с влиянием температуры окружающей среды, %; $u_{P_a}^0$ – относительная стандартная неопределенность, связанная с влиянием атмосферного давления, %; $u_{P_p}^0$ – относительная стандартная неопределенность, связанная с влиянием давления анализируемого газа, %; $u_{\text{H}_2\text{O}}^0$ – относительная стандартная неопределенность, связанная с влиянием влажности анализируемого воздуха, %; $u_{\text{н.к.}}^0$ – относительная стандартная неопределенность, связанная с влиянием сопутствующих неопределяемых компонентов, %; $u_{\text{расх.}}^0$ – относительная стандартная неопределенность измерений, связанная с расходом атмосферного воздуха, необходимого для проведения анализа, %.

В данном случае коэффициенты чувствительности при входных величинах равны единице. Все входные величины рассматриваются как независимые.

Пример оценивания неопределенности измерений. Оценки были получены для двух модификаций автоматического газоанализатора АРХА – 370 (APSA-370 и APNA-370, производитель – фирма Horiba) и для газоанализатора ЕТ-909-01 (производитель фирма ЭТЭК) [6].

Рассмотрим расчет неопределенности измерений на примере газоанализатора АРХА-370.

Особенность газоанализатора АРХА-370 состоит в том, что он включает в себя встроенный измеритель атмосферного давления, а также стабилизаторы давления и расхода анализируемого воздуха. Вследствие этого влияние указанных факторов на показания минимизированы, а остаточное влияние учтено при установлении пределов допускаемой основной погрешности газоанализатора.

В связи с этим для газоанализатора АРХА-370 можно упростить формулу (2), исключив из нее составляющие $u^0_{P_a}$, $u^0_{P_p}$, $u^0_{\text{расх.}}$, $u^0_{\text{вар.}}$ (данные составляющие формируют u^0_n).

Дальнейшие расчеты проводились по упрощенной формуле

$$u^0 = \sqrt{(u^0_n)^2 + (u^0_d)^2 + (u^0_t)^2 + (u^0_{\text{H}_2\text{O}})^2 + (u^0_{\text{н.к.}})^2}\,. \quad (3)$$

u^0_n вычислялась по формуле

$$u^0_n = \frac{\delta_0}{\sqrt{3}}, \quad (4)$$

где δ_0 – предел допускаемой основной относительной погрешности газоанализатора, %; коэффициент $\sqrt{3}$ выбран из допущения равномерного распределения погрешности в интервале $(-\delta_0; +\delta_0)$ в период между корректировками показаний.

Для SO_2 получено u^0_n=11,76%, для NO_2 u^0_n=14,7%.

u^0_d вычислялась по формуле

$$u^0_d = \frac{0,3\delta_0}{2\sqrt{3}}. \quad (5)$$

В данной формуле $0,3\delta_0$ – предел допускаемого изменения показаний в период между корректировками. Предполагалось, что газоанализатор обслуживается в соответствии с эксплуатационной документацией, и его основная погрешность не превышает δ_0. Относительная стандартная неопределенность вычислялась для середины интервала $(0; +0,3\delta_0)$, т.е. для $\frac{0,3}{2}\delta_0$ при допущении равномерного распределения.

Примечание. Способ оценивания вклада от изменения показаний («СКО дрейфа») заимствован из п.2.4.12 стандарта [8].

Для SO_2 получено u^0_d=1,7%, для NO_2 u^0_d= 1,7%.

u^0_t вычислялась по формуле (6) с учетом указанной в табл. 1 дополнительной погрешности: $0,3\delta_0$ на каждые 10°С

$$u^0_t = \frac{0,3\delta_0}{\sqrt{3}} \cdot \frac{(t_m - 20)}{10}, \quad (6)$$

где t_m – наибольшая температура окружающей среды, при которой могут быть проведены измерения. В данном случае диапазон температуры несимметричен относительно 20°С – температуры определения основной погрешности. Расчет выполнялся для верхней границы диапазона (t_m = 40°С), которой соответствует наибольшее значение u^0_t. Распределение предполагалось равномерным.

Для NO_2 получено u^0_t=7%, для SO_2 u^0_t=7,0%.

$u^0_{\text{H}_2\text{O}}$ – вычислялась на основе информации, приведенной в технических описаниях на модификации газоанализатора АРХА-370. В газоанализаторе АРМА-370 результирующий сигнал, пропорциональный массовой концентрации NO_2, формируется после вычитания сигнала, характеризующего содержание водяных паров в анализируемом атмосферном воздухе. Остаточное (неучтенное) смещение не превышает 0,2 мг/дм^3. Расчет проводился для массовой концентрации NO_2, равной 0,1 мг/м^3 (т.е. для нижней границы диапазона измерений).

Для NO_2: $u^0_{H_2O} = 100\frac{0,2}{\sqrt{3}\cdot 0,1} = 1,5\%$. (7)

В газоанализаторе APSA-370 принятые конструктивно-методические решения также сводят влияние влажности анализируемого воздуха к минимальному. Оно не превышает 0,002 мг/м^3 [9].

Расчет проводился для массовой концентрации SO_2, равной 0,06 мг/дм^3 (что соответствует нижней границе диапазона измерений).

Для SO_2: $u^0_{H_2O} = 100\frac{0,002}{\sqrt{3}\cdot 0,06} = 1,9\%$. (8)

$u^0_{н.к.}$ – вычислялась по формуле

$$u^0_{н.к.} = \frac{0,8\delta_0}{\sqrt{3}}. \quad (9)$$

В данной формуле $0,8\delta_0$ – допускаемая дополнительная погрешность от суммарного влияния сопутствующих неопределяемых компонентов. Следует отметить, что конструкция газоанализатора предусматривает минимизацию наиболее значимых влияний. Таким образом, дополнительная погрешность отражает лишь остаточные эффекты. Вместе с тем, следует иметь в виду, что применение газоанализаторов возможно лишь для атмосферного воздуха, в котором массовая концентрация сопутствующих компонентов не превышает $ПДК_а$ (для АРМА-370) и верхнюю границу диапазона измерений (для APSA-370).

Для NO_2 получено $u^0_{н.к.} = 11,8\%$, для SO_2 $u^0_{н.к.} = 9,2\%$.

Относительная расширенная неопределенность U^0 (в %) вычислялась по формуле

$$U^0 = k \cdot u^0, \quad (10)$$

где k – коэффициент охвата.

При заданном уровне доверия 95%, коэффициент охвата для данного случая (композиция равномерных распределений) был принят равным 2.

Бюджет неопределенности измерений для входных и выходных величин APSA-370, APNA-370, ET-909 приведены в табл. 1–6.

Таблица 1. Бюджет неопределенности для входных величин (APSA-370)

Входная величина	Значение входной величины	Тип оценивания	Закон распределения	Стандартная неопределенность, %	Степень свободы	Коэффициент чувствительности	Вклад, %	Доля вклада, %
C_n	от 0,06 до 6,0 мг/м^3	В	Равномерный	11,8	∞	1	11,8	37,3
f_d	1	В	Равномерный	1,7	∞	1	1,7	5,4
f_t	1	В	Равномерный	7,0	∞	1	7,0	22,2
f_{H_2O}	1	В	Равномерный	1,9	∞	1	1,9	6,0
$f_{н.к.}$	1	В	Равномерный	9,2	∞	1	9,2	29,1

Таблица 2. Бюджет неопределенности для выходной величины (APSA-370)

Выходная величина	Оценка выходной величины	Суммарная стандартная неопределенность	Эффективное число степеней свободы	Уровень доверия	Коэффициент охвата	Расширенная неопределенность
C_u	От 0,06 до 6,0 мг/м^3	16,7%	∞	P=0,95	2	33%

Таблица 3. Бюджет неопределенности для входных величин (APNA-370)

Входная величина	Значение входной величины	Тип оценивания	Закон распределения	Стандартная неопределенность, %	Степень свободы	Коэффициент чувствительности	Вклад, %	Доля вклада, %
C_n	0,10 до 6,0 мг/м^3	В	Равномерный	14,7	∞	1	14,7	40,1
f_d	1	В	Равномерный	1,7	∞	1	1,7	4,6
f_t	1	В	Равномерный	7,0	∞	1	7,0	19,1
f_{H_2O}	1	В	Равномерный	1,5	∞	1	1,5	4
$f_{н.к.}$	1	В	Равномерный	11,8	∞	1	11,8	32,2

Таблица 4. Бюджет неопределенности для выходной величины (APNA-370)

Выходная величина	Оценка выходной величины	Суммарная стандартная неопределен-ность	Эффективное число степеней свободы	Уровень доверия	Коэффициент охвата	Расширенная неопределен-ность
C_u	0,10 до 6,0 мг/м^3	20,2%	∞	P=0,95	2	40%

Таблица 5. Бюджет неопределенности для входных величин (ЕТ-909)

Входная величина	Значение входной величины	Тип оценивания	Закон распределения	Стандартная неопределен-ность, %	Степень свободы	Коэффициент чувствитель-ности	Вклад, %	Доля вклада, %
C_n	0,10 до 6,0 мг/м^3	В	Равномерный	14,7	∞	1	14,7	32,17
f_d	1	В	Равномерный	1,8	∞	1	1,8	3,94
f_t	1	В	Равномерный	5,9	∞	1	5,9	12,91
f_{H_2O}	1	В	Равномерный	1,2	∞	1	1,2	2,63
$f_{н.к.}$	1	В	Равномерный	8,8	∞	1	8,8	19,26
f_p	1	В	Равномерный	5,9	∞	1	5,9	12,91
$f_{вар.}$	1	В	Равномерный	7,4	∞	1	7,4	16,18

Таблица 6. Бюджет неопределенности для выходной величины (ЕТ-909)

Выходная величина	Оценка выходной величины	Суммарная стандартная неопределенность	Эффективное число степеней свободы	Уровень доверия	Коэффициент охвата	Расширенная неопределенность
20,6%	∞	P=0,95	2	41,2%	20,6%	∞

Заключение. По результатам работы можно сделать следующие выводы:

- полученные оценки расширенной неопределенности измерений показывают, что при измерении массовой концентрации диоксида серы газоанализатором APSA-370 установленные требования к точности измерений не выполняются при существенных отклонениях температуры от 20°С и в присутствии в воздухе влияющих веществ;
- описанный подход к оцениванию неопределенности измерений применим для большинства современных автоматических газоанализаторов, используемых при контроле состояния атмосферного воздуха;
- разработчикам автоматических газоанализаторов и специалистам, проводящим их испытания, целесообразно принимать во внимание связь нормируемых метрологических характеристик с неопределенностью измерений в реальных условиях применения газоанализаторов.

На основе проведенных расчетов можно предложить пути для достижения требуемой точности измерений, они таковы:

1. уменьшение основной погрешности до 15%. В этом случае необходимо использовать поверочные газовые смеси с относительной неопределенностью не более 5%;
2. введение коррекции на неопределяемые компоненты в тех случаях, когда это возможно, т.е. при применении многоканальных газоанализаторов и газоаналитических систем;
3. введение поправки на температуру;
4. четкие указания в эксплуатационных документах по периодичности обслуживания. Для того чтобы основная погрешность оставалась в установленных пределах.

Литература

1. ГОСТ 17.2.4.02-81. Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ. – Введ. 01.07.1982. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 2 с.
2. ГОСТ 17.2.6.02-85. Охрана природы. Атмосфера. Газоанализаторы автоматические для контроля загрязнения атмосферы. Общие технические требования. – Введ. 01.01.1987. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 9 с.
3. ГОСТ Р 50760-95. Анализаторы газов и аэрозолей для контроля атмосферного воздуха. – Введ. 01.07.1996. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 23 с.
4. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – Введ. 01.07.1991. – М., 1991. – 50 с.
5. Руководство ЕВРАХИМ/СИТАК «Количественное описание неопределенности в аналитических измерениях». – 2-ое изд. – СПб, 2002.
6. Описание типа средства измерений. Газоанализаторы АРХА-370 (Газоанализатор ЕТ-909).

7. ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.
8. ГОСТ 8.508-84. ГСИ. Метрологические характеристики средств измерений и точностные характеристики средств автоматизации ГСП. Общие методы оценки и контроля. – Введ. 01.07.1985. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 36 с.
9. ГОСТ 52733-2007. Атмосферный воздух. Определение диоксида серы. Ультрафиолетовый флуоресцентный метод. – Введ. 01.06.2008. – М.: Стандартинформ, 2007. – 12 с.

Мусаев Андрей Александрович
Год рождения: 1990
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра систем управления и информатики, группа № 6147
Направление подготовки: 220100 – Системный анализ и управление.
e-mail: amusayev1990@gmail.com

УДК 62-503.54

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО УПРАВЛЯЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ПРОЦЕССОМ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

А.А. Мусаев
Научный руководитель – к.т.н., доцент О.В. Слита

В настоящей работе приведены результаты разработки программно-алгоритмического модуля анализа данных первичной переработки нефти на установке АТ-6, созданного на основе применения технологии AdvanceProcessControl (APC). Актуальность темы работы обусловлена крайне высокой значимостью нефтяной отросли для экономики Российской Федерации.

Различают два направления совершенствования нефтепереработки. Первое направление связано с вводом в строй новых производственных мощностей с углубленной переработкой нефти. В частности, в прошлом году на нефтеперерабатывающем предприятии «Сургутнефтегаз» был введен в строй новый завод углубленной переработки нефти на основе каталитического реформинга с глубиной переработки более 90%, что соответствует лучшим мировым стандартам. На других заводах России выход светлых нефтепродуктов не превышает 60–80%.

Второе направление совершенствования нефтепереработки связано с применением новых оптимизационных технологий. Наиболее известными трендами в этом направлении являются разработка и внедрение так называемых APC- и MPC (Model Predictive Control)-технологий. Применение этих технологий позволяет осуществить точное прогностическое управление технологическим процессом, что, в свою очередь, приводит в условиях крупнотоннажного производства (миллион тонн) получить огромный экономический эффект.

Рассматривается задача постановки оптимизации APC-управления и полная разработка программно-алгоритмического модуля предварительного анализа и обработки результатов мониторинга технологического процесса.

Программно-алгоритмический комплекс (ПАК) разработан в среде MATLAB, использованной в работе главным образом как среда программирования. Кроме того,

на основе встроенной в MATLAB системы объектно-ориентированного программирования был разработан человеко-машинный интерфейс для работы с модулем. Вид разработанного интерфейса представлен на рисунке.

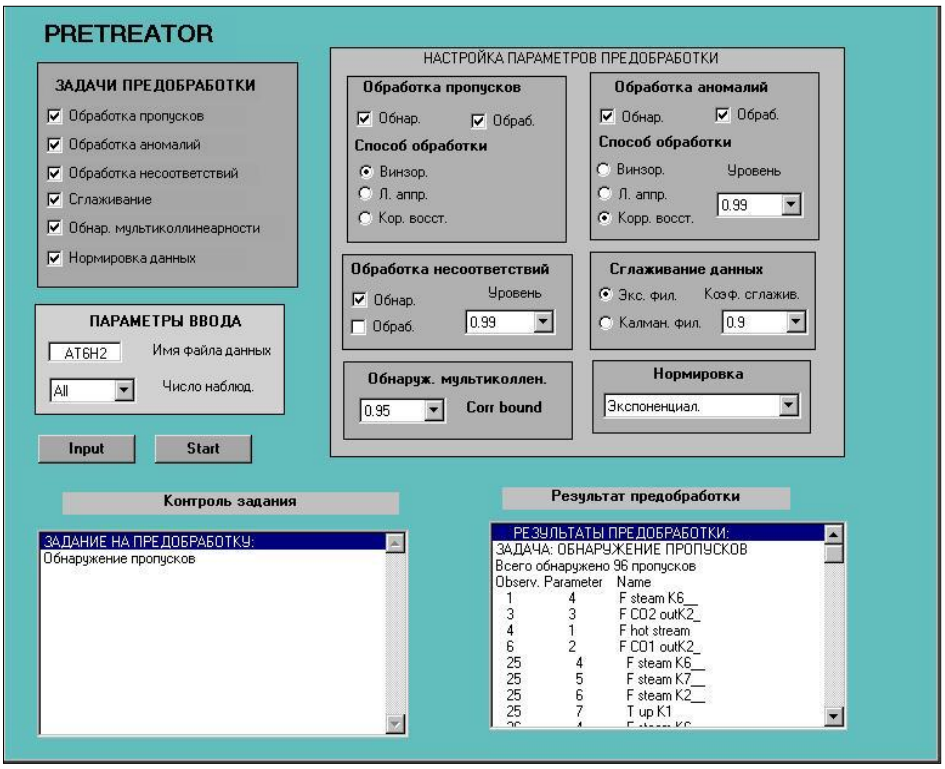


Рисунок. Интерфейс ПАК

Данный комплекс позволяет выполнять выполнения следующие функции:

- выявление одиночных и групповых пропусков данных (лакун, hiatus) и восстановление пропущенных значений в соответствии с выбранным алгоритмом (технологией) восстановления;
- выявление и обработка аномальных наблюдений, статистический учет возникновения аномалий, восстановление аномальных значений параметров в соответствии с выбранным алгоритмом (технологией) восстановления;
- обнаружение скрытых несоответствий (gaps) наблюдений, противоречащих структуре корреляционных взаимосвязей между параметрами технического процесса, восстановление несоответствующих значений параметров;
- сглаживание (последовательная фильтрация) рядов наблюдений;
- выявление мультиколлинеарности в исходных данных.

Обработка аномальных измерений и пропусков осуществляется либо путем отбраковки, либо путем винзорирования. Под винзорированием понимается либо замена измерения на значение предшествующего ему измерения, либо назначением определенного заданного уровня. В работе предложено два дополнительных варианта типа обработок измерений: линейная аппроксимация и корреляционный анализ.

Функция выявления корреляционных несоответствий является оригинальной и может быть применена при решении задач контроля и диагностики систем мониторинга. Такие несоответствия свидетельствуют о некорректной работе измерительного прибора и сводятся к одному из способов обработки (отбраковка, винзорирование, замена регрессионной оценкой).

Функция сглаживания рядов наблюдений крайне важна при использовании рядов мониторинга в задачах прогностического управления состоянием технологической

установки. В качестве сглаживающего алгоритма используется экспоненциальный фильтр, а также фильтр Калмана.

Последняя функция модуля связана с анализом на мультиколлинеарность многомерных рядов наблюдений. Данный анализ важен для дальнейшей обработки данных и выработкой прогностически-управляющих решений. В случае если в наблюдаемом ряду будет обнаружено явление мультиколлинеарности, обработка по М.Н.К. (решение системы нормальных уравнений) приведет к неустойчивым результатам, при этом матрицы наблюдений в М.Н.К. будет вырожденной, либо плохо обусловленной, в этом случае модуль обнаружит мультиколлинеарность и передаст необходимую информацию последующим блокам обработки, при этом в соответствующих блоках будут использованы алгоритмы регуляризации, позволяющие с некоторой степенью успешности решить поставленные задачи.

Качество работы программно-алгоритмического модуля проанализировано на результатах мониторинга реальных данных технологического процесса первичной переработки нефти установки АТ-6 предприятия «КИНЕФ». Модель носит универсальный характер и может быть применена к результатам мониторинга любого технологического процесса. Модуль использовался в организации «СПИК СЗМА» при составлении технического задания на перспективные разработки.

Литература

1. Kane R.D., Eden D.C. and Eden D.A. Innovative Solutions Integrate Corrosion Monitoring with Process Control // Mater. Perform. – 2005. – P. 36–41.
2. Kane R.D. Corrosion in Petroleum Refining and Petrochemical Operations, Corrosion: Environments and Industries // ASM Handbook, ASM International. – 2006. – V. 13C. – P. 967–1014.
3. Баннов П.Г. Процессы переработки нефти. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2001. – 415 с.

Неутов Михаил Юрьевич
Год рождения: 1991
Факультет оптико-информационных систем и технологий,
кафедра прикладной и компьютерной оптики, группа № 6303
Направление подготовки: 200400 – Оптотехника
e-mail: mixxl@mail.ru

УДК 681.7.02

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЛЕГЧАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

М.Ю. Неутов
Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.Д. Толстоба

Целью работы являлось исследование различных способов облегчения крупногабаритных зеркал, а также разработка файла с автоматизированным расчетом параметров облегченного зеркала в зависимости от формы и размеров отражающей поверхности, а также использованной конструкции облегчения и сравнительный анализ материалов.

В работе рассмотрены конструкции облегчения ребрами, отверстиями, зеркала контурного сечения и так называемый «Сендвич» (рис. 1).

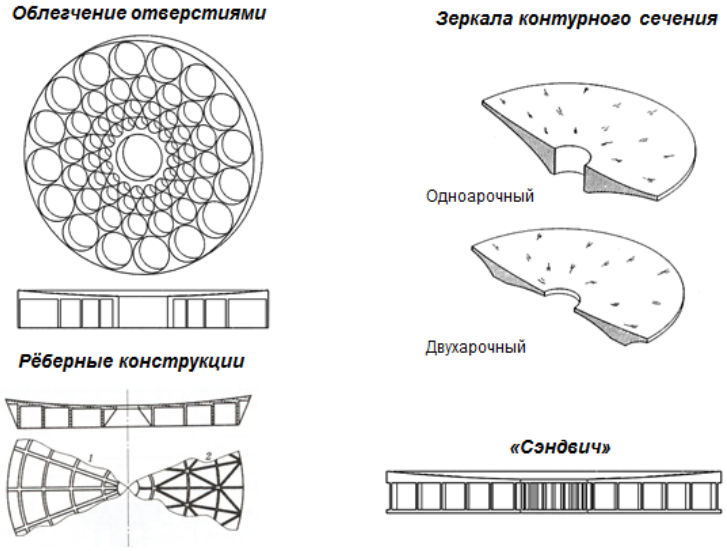


Рис. 1. Основные конструкции облегчения

При облегчении отверстиями на тыльной стороне подложки зеркала выполняются цилиндрические отверстия. Варианты расположения отверстий, их размеры и глубина могут быть различными и зависят от конструктивных параметров зеркала: толщины подложки, толщины дна отверстия, формы отражающей поверхности, толщины ребер между отверстиями.

При использовании реберного способа конструкция зеркала облегчается с помощью выборок трапецеидальной или треугольной формы, которые образуются благодаря пересечению ребер натыльной стороны зеркала.

В зеркалах контурного сечения с тыльной стороны зеркала снимается слой материала в определенных местах, образуя в сечении контур.

В качестве исходного для анализа было выбрано зеркало диаметром 1 м со сферической вогнутой рабочей поверхностью. Высота составила порядка 150 мм. Радиус кривизны поверхности – 5 м. Центральное экранирование зеркала 20%.

В качестве среды проведения исследований был выбран программный пакет твердотельного моделирования SolidWorks. Он был выбран среди аналогов, так как предоставляет широкий спектр анализа построенных моделей, таких как расчет линейных и нелинейных нагрузок, гидро-газодинамический расчет, температурный расчет, вибрационный анализ и многое другое. Также он достаточно широко распространен в отечественном машино- и приборостроении.

Исследование и оптимизация построенных моделей проводилась методом конечных элементов (МКЭ) при помощи модуля SolidWorksSimulation.

Для начала было проведено исследование влияния размеров элементов сетки на полученные результаты. Был рассмотрен вариант, предлагаемый по умолчанию, а также минимальный размер из типовых. Разница полученных результатов составила до 5% от исходной величины, и было принято решение в дальнейшем использовать минимальный размер элементов, так как из-за специфики МКЭ в таком случае обеспечивается наибольшая точность полученных результатов.

Затем было проведено исследование влияния на деформации положения зеркала относительно вектора гравитации. Рассматривались три варианта: зеркало в зените, т.е. нагрузка прилагается вдоль оптической оси, зеркало под углом 45° и вертикальное положение (т.е. угол между осью и вектором нагрузки составляет 90°). Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1. Влияние положения зеркала на деформации

Расположение зеркала	Максимальная деформация, мкм
В зените (0^o)	2,425
Под углом (45^o)	1,847
В горизонте (90^o)	0,062

Наибольшие деформации получаются при нахождении в зените, и в дальнейшем рассматривается только этот вариант приложения нагрузки.

Также были рассмотрены различные варианты закрепления зеркала в пространстве.

Первым этапом было исследование заготовки в виде цилиндра с выполненной сферической вогнутой поверхностью радиусом 5 м, диаметром 1 м, экранированием 20%, высотой 150 мм, выполненной из титана.

При исследовании реберной конструкции была проведена оптимизация толщины ребер. На рис. 2 приведены полученные графики массы и деформаций в зависимости от толщины радиальных и кольцевых ребер.

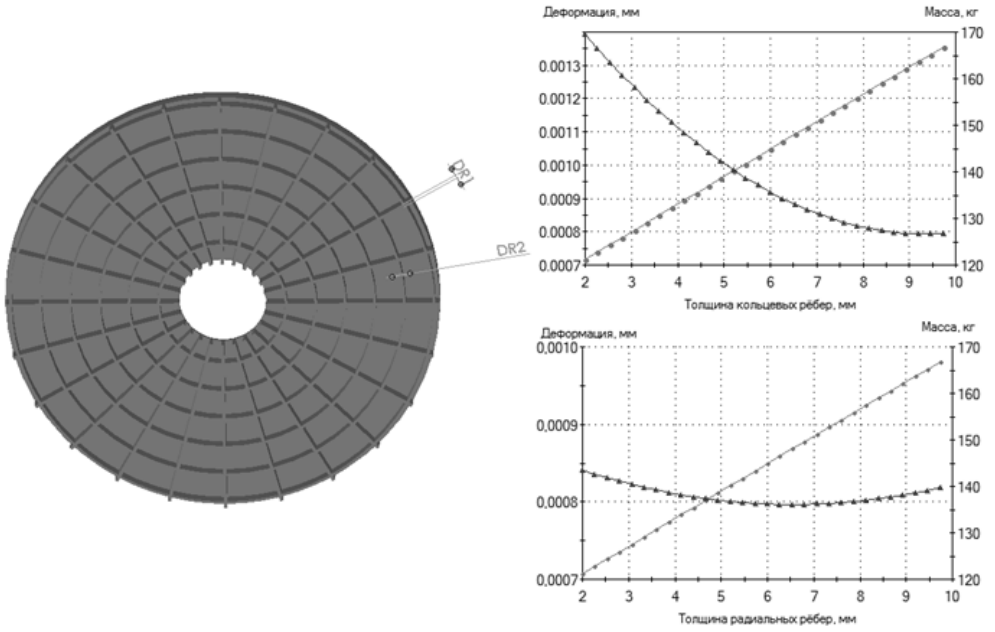


Рис. 2. Оптимизация реберной конструкции

При исследовании зеркал контурного сечения было проведено сравнение формообразующих контуров. Были рассмотрены: прямая, окружность и две параболы с перпендикулярными осями симметрии. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2. Сравнение формообразующих контуров

Контур	Масса, кг	Деформация, мкм	Напряжение, Н/м^2
Заготовка	478,8	1,112	552 077
Прямая AB	226,7	0,709	251 083
Окружность R=536,9	148,9	1,341	149 331
Парабола y^2=4ACx	173	0,938	181 485
Парабола y^2=4BCx	163	12,151	1 706 601

Наибольшее облегчение дает окружность, но наименьшие деформации получаются при использовании прямой.

В процессе работы были получены эпюры деформаций и напряжений для каждой конструкции. Все результаты исследований различных комбинаций конструкций и способов закреплений были сведены в табл. 3.

Таблица 3. Сводная таблица

Конструкция облегчения	Масса, кг	Облег-чение	Способ крепления	Макс. деформация, мкм	Макс. напряжения, Н/м^2
1. Без облегчения	478,48	100%	Крепление за край	0,278	68 781
			Крепление за центр	1,111	400 406
			Кольцевая опора	0,191	183 789
			Крепление на 3 точки	1,030	3 408 949
			Крепление на 6 точек	0,471	1 949 858
2. Отверстия	174,95	37%	Крепление за край	0,485	156 212
			Крепление за центр	2,335	708 009
			Кольцевая опора	0,556	1 967 211
3. Ребра трапециа-идальные	151	32%	Крепление за край	0,982	200 111
			Крепление за центр	3,434	2 053 310
			Кольцевая опора	0,375	642 507
			Крепления на 3 точки	1,742	11 176 393
			Крепление на 6 точек	0,887	5 629 404
4. Ребра треугольные	174,7	37%	Крепление за край	0,606	293 323
			Крепление за центр	3,533	1 999 693
			Кольцевая опора	0,264	257 956
5. Сендвич	185,77	39%	Крепление за край	0,295	91 023
			Крепление за центр	0,895	410 223
			Кольцевая опора	0,236	172 063

Полученные результаты справедливы для зеркал из титана.

Заключительным этапом работы было сравнительное исследование различных материалов. Одна и таже конструкция была исследована с применением различных материалов. Результаты приведены в табл. 4.

Таблица 4. Сравнительное исследование материалов

Материал	Масса, кг	Макс. деформация, мкм	Макс. напряжения, Н/м^2
Титан	185,77	0,295	91 023
Бериллий О-30Н	74,4	0,039	44 520
Алюминий 6061-Т6	109,04	0,271	44 109
Corning ULE	89,4	0,226	67 178
Карбид кремния 12% Si	125,2	0,057	67 246
Ситалл СО-115М	99,34	0,183	42 694

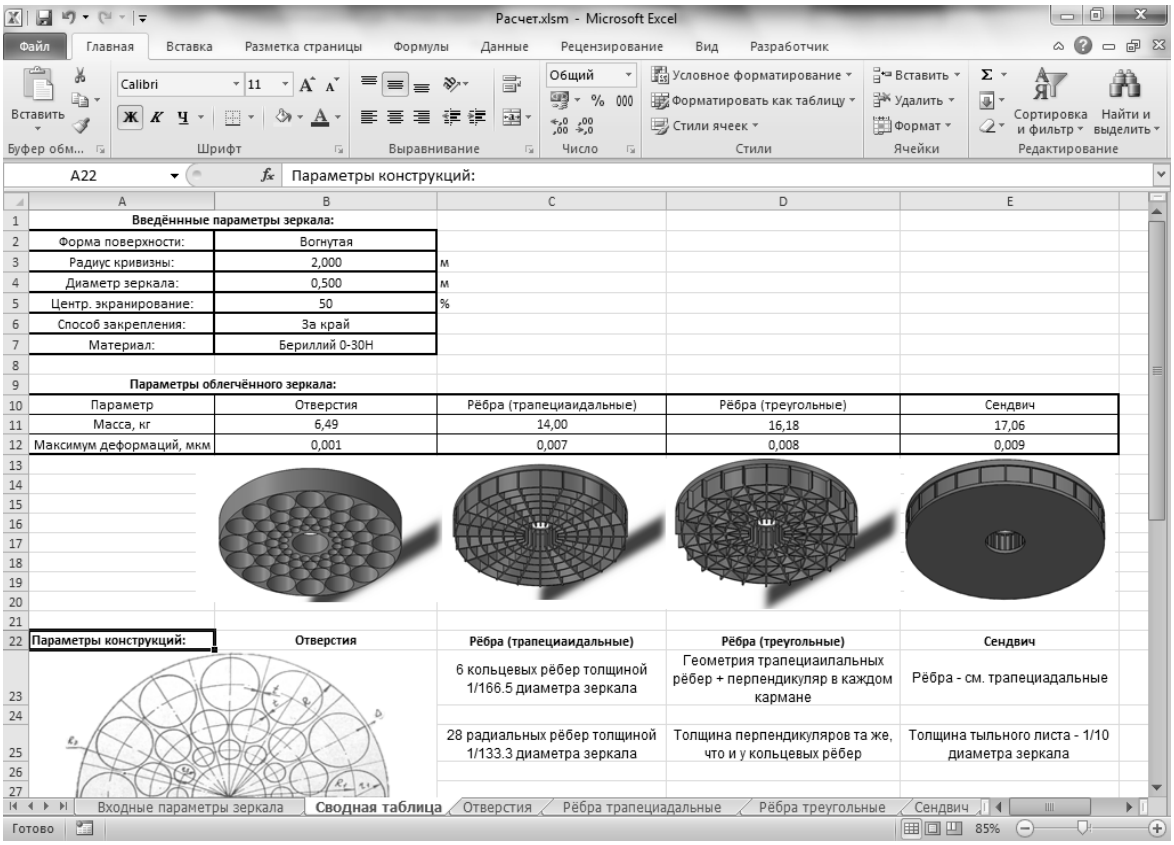
Наиболее легкие и прочные зеркала получаются из бериллия, однако для него необходимы особые условия производства, так как он токсичен при обработке. По массе предпочтительно стекло ULE, а по деформациям – карбид кремния. Ситалл СО-115 – компромиссный вариант.

На основании проведенных исследований были приведены оценки типовых методов облегчения астрономических зеркал по массовым характеристикам, деформациям, а также способу закрепления и материалам.

На основании этих оценок был произведен расчет коэффициентов для прогнозирования параметров зеркала в зависимости от конструктивных параметров рабочей поверхности.

Данные исследования легли в основу разработанной автоматизированной системы расчета параметров облегчающих конструкций зеркала.

Была разработана программа в Excel, которая производит расчет массовых характеристик и прогнозирует деформации зеркала в зависимости от входных параметров отражающей поверхности и примененной конструкции облегчения. Окно вывода результатов работы программы приведено на рис. 3.



Введённые параметры зеркала:		
Форма поверхности:	Вогнутая	
Радиус кривизны:	2,000	м
Диаметр зеркала:	0,500	м
Центр. экранирование:	50	%
Способ закрепления:	За край	
Материал:	Бериллий 0-30Н	

Параметры облегчённого зеркала:				
Параметр	Отверстия	Рёбра (трапециаидальные)	Рёбра (треугольные)	Сендвич
Масса, кг	6,49	14,00	16,18	17,06
Максимум деформаций, мкм	0,001	0,007	0,008	0,009

Параметры конструкций:	Отверстия	Рёбра (трапециаидальные)	Рёбра (треугольные)	Сендвич
		6 кольцевых рёбер толщиной 1/166.5 диаметра зеркала	Геометрия трапециаилальных рёбер + перпендикуляр в каждом кармане	Рёбра - см. трапециадальные
		28 радиальных рёбер толщиной 1/133.3 диаметра зеркала	Толщина перпендикуляров та же, что и у кольцевых рёбер	Толщина тыльного листа - 1/10 диаметра зеркала

Рис. 3. Окно вывода программы

Данную программу можно применять для оценки массы и деформаций, а также для принятия решения по выбору конструкции облегчения зеркал после этапа расчета оптической схемы.

Литература

1. Абдулкадыров М., Белоусов С., Игнатов А. Изготовление крупногабаритной оптики наземного и космического базирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://lzos.ru/content/view/223/5/, своб.
2. Крыжановский И.И., Никитин С.М. Основы производства оптических металлостеклянных зеркал // Труды ЛИТМО. Приборы и методы высокоскоростной съемки. – 1977. – Вып. 88.
3. Vukobratovich D., Lightweight Mirror Design. Optomechanical Engineering Handbook. 1999.

4. Yoder P.R. Mounting optics in optical instruments, 2008. – 782 p.
5. Неутов М.Ю., Абдула П.А., Толстоба Н.Д. Исследование конструкций облегчения астрономическиех зеркал // Сб. трудов VIII международной конференции молодых ученых и специалистов «Оптика-2013». – 2013. – С. 224–225.

Никитина Виктория Михайловна
Год рождения: 1990
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра оптико-цифровых систем и технологий,
группа № 6122
Направление подготовки: 200400 – Оптотехника
e-mail: erdbrombeere@gmail.com

УДК 520.622+520.6.07+681.782.473

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩЕГО ТЕЛЕСКОПА МЕЖСПУТНИКОВОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ

В.М. Никитина
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.В. Демин

Как известно, большинство беспроводных средств коммуникации основаны на использовании радиоволн.

Современная космическая техника и космические технологии развиваются семимильными шагами, коммуникационные технологии не должны отставать от общего уровня развития науки и техники для того, чтобы справляться с увеличивающимися потоками информации, передаваемой между космическими аппаратами. Радиосвязь уже не в состоянии удовлетворять этим требованиям.

В связи с этим темой данной работы являлось исследование и разработка приемо-передающего телескопа космической линии связи.

В рамках работы предлагался способ передачи и приема данных с помощью лазерного излучения. Чем короче длина волны, тем значительно более высокую пропускную способность можно обеспечить с помощью оптического сигнала, в то время как системы радиосвязи должны бороться с очень ограниченной пропускной способностью.

Очевидно, что при практическом освоении новых методов связи неизбежно возникает множество технических проблем. Выгодная в одном отношении высокая направленность лазерного луча оказывается невыгодной в другом – трудно попадать узким лучом на фотоприемник, находящийся на удаленном космическом аппарате, трудно сопровождать его лучом, не теряя с ним связи.

Целью работы являлось создание оптико-механических модулей системы космической оптической линии связи между бортом космической станции и бортом транспортного грузового корабля.

Система должна удовлетворять следующим техническим требованиям:

- дальность связи, тыс. км, не более 40
- энергопотребление (суммарное) одного терминала, Вт
  в сеансе связи, не более 170
  между сеансами связи, не более 20
- скорость передачи информации, Мбит/с 622

Изделие включает в себя телескопическую систему, систему лазерного излучателя и фотоприемное устройство.

Телескопическая система предназначена для формирования необходимой диаграммы направленности лазерного излучения в режиме «вхождение в связь» и «связь»; для сбора и передачи в фотоприемный тракт лазерного излучения в режиме «связь».

Оптическая система телескопа должна иметь характеристики:

– входной зрачок не более, мм	200
– увеличение, крат	8
– коэффициент пропускания не менее	0,77
– спектральный интервал работы, мкм	1,53–1,57
– угловое поле в пространстве предметов для режима «вхождение в связь», угл. мин.	(3±0,15)
– угловое поле в пространстве предметов для режима «связь», угл. сек.	(4±0,2)

Система лазерного излучателя предназначена для формирования необходимой диаграммы направленности лазерного излучения для осуществления режимов работы «вхождение в связь» и «связь».

Оптическая система излучателя должна обладать следующими параметрами:

– величина диаграммы направленности лазерного излучения на выходе системы излучателя должна быть (24±1,2) угл. мин. в режиме «вхождение в связь»;
– величина диаграммы направленности лазерного излучения на выходе системы излучателя должна быть (32±1,6) угл. сек. в режиме «связь»;
– спектральный интервал работы 1,53–1,57 мкм;
– коэффициент пропускания не менее 0,7;
– мощность излучателя в непрерывном режиме не менее 10 Вт.

Оптико-механическая система фотоприемного устройства предназначена для формирования на фотозоне излучения передающего терминала и должна обладать следующими параметрами:

– величина диаметра входного зрачка должна быть не меньше диаметра выходного зрачка телескопической системы;
– спектральный интервал работы 1,53–1,57 мкм;
– коэффициент пропускания не менее 0,7.

Наиболее часто передача информации осуществляется при помощи электромагнитных колебаний, которые промодулированы соответствующими информационными сигналами.

Структурная схема типовой оптической системы связи включает в себя стандартные блоки, присущие любой системе связи. От источника сообщений поступает непрерывная или цифровая информация. Далее сигнал оптической несущей модулируется и передается в канал. Оптический сигнал в виде светового поля или луча распространяется в канале. На приемной стороне оптическое поле собирается оптикой приемника и детектируется фотодетектором.

Типовая схема оптического приемника содержит приемную линзовую систему, которая фильтрует и фокусирует принимаемое поле на детектор, где оптический сигнал преобразуется в электрический. Устройство последовательной обработки осуществляет необходимое усиление и фильтрацию для выделения передаваемой информации.

Оптический передатчик содержит источник оптического излучения, модулятор и оптическую антенну. В качестве источников излучения используют лазеры, фотодиоды, световые лампы. Модуляция оптического излучения информационным

сигналом может осуществляться либо в процессе генерации света, либо специальным модулятором, установленным на выходе источника излучения.

Необходимо также учитывать свойства среды – канала, по которому распространяется излучение от передатчика к приемнику. Каналы могут быть направленными и ненаправленными.

В направленных каналах для образования пути распространения электромагнитного излучения используются специальные волноводы.

В ненаправленном канале источник излучает электромагнитное поле в пространство, при этом направление распространения излучения определяется только диаграммой направленности антенны. Рабочие характеристики ненаправленного канала в основном зависят от свойств среды распространения.

Основными потерями в безатмосферных (космических) каналах являются потери на распространение. Передача информации происходит без искажений.

Если среда распространения отлична от свободного пространства, то необходимо учитывать ряд дополнительных эффектов. Эти эффекты приводят к искажениям структуры электромагнитной волны. Приходится сталкиваться со случайными оптическими полями. При рассмотрении оптического излучения в канале с поглощением и рассеянием наблюдаются так называемые амплитудные и пространственные эффекты.

Схема деления разрабатываемой системы связи представлена на рис. 1, где приняты следующие обозначения: сплошные линии – механические связи; пунктирные линии – оптические связи.

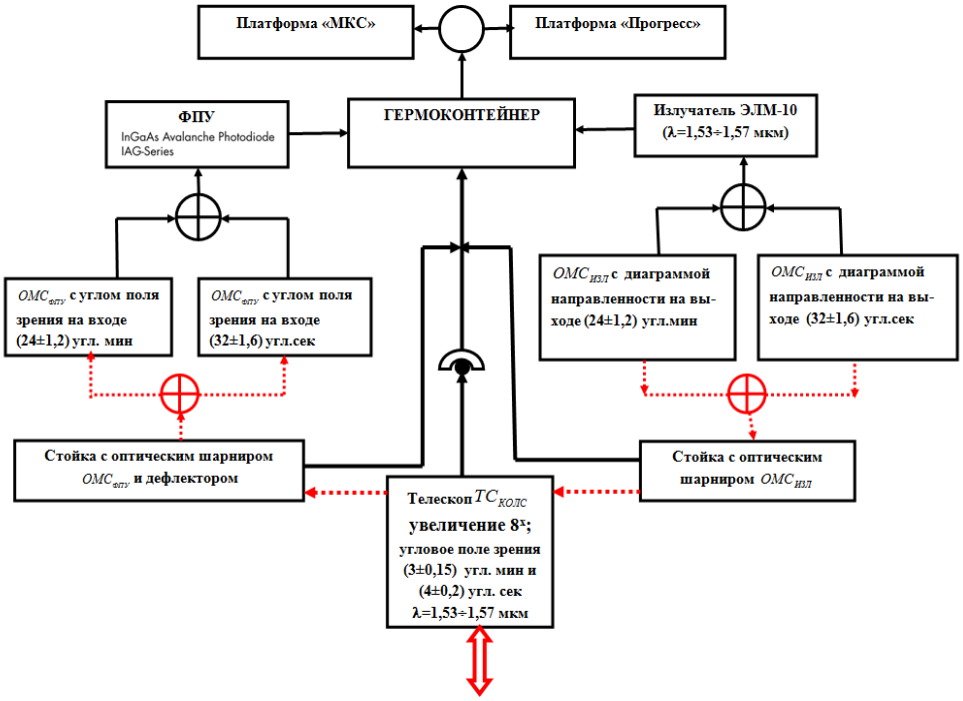


Рис. 1. Схема деления приемо-передающего телескопа космической линии связи

Связь между абонентами осуществляется через терминалы. Оба терминала идентичны, один из них устанавливается на борту космической станции, другой – на борту транспортного грузового корабля. Излучающий лазер и фотоприемное устройство помещаются в гермоконтейнер. Телескопическая система выполняет поиск абонента во взаимно перпендикулярных направлениях для установления связи с базовой платформой. Она построена аналогично визиру теодолита с алидадой. Для обеспечения инвариантности оптической связи излучателя и фотоприемного устройства относительно пространственного положения телескопической системы необходимо применение

оптического шарнира с угловым увеличением, равным единице. Для компенсации механических возмущений, возникающих при движении телескопической системы в режиме поиска и движении абонента, выполняется двухконтурная система стабилизации. Первый контур обеспечивает стабилизацию базовой платформы. Второй выполнен по схеме управляемого дефлектора, устанавливаемого в оптический тракт фотоприемного устройства, в частности, в оптический шарнир.

Конструктивно-компоновочное решение термина представлено на рис. 2.

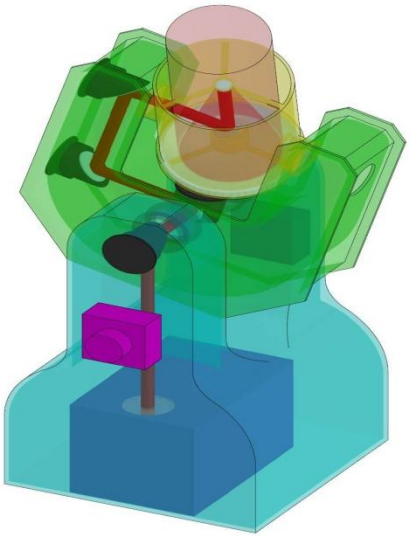


Рис. 2. Конструктивно-компоновочное решение термина приемо-передающего телескопа космической линии связи

Для уменьшения габаритов оптического модуля, обеспечения требуемой дальности излучения и малой расходимости пучка в качестве излучателя выбран волоконный лазер. В качестве фотоприемного устройства − фотодиод.

Существует множество вариантов исполнения схем зеркально-линзовых телескопов. Исходя из принятого конструктивного решения терминала, и учитывая необходимость обеспечить требуемые параметры, было принято решение использовать для данной системы модифицированную схему Кассегрена (рис. 3).

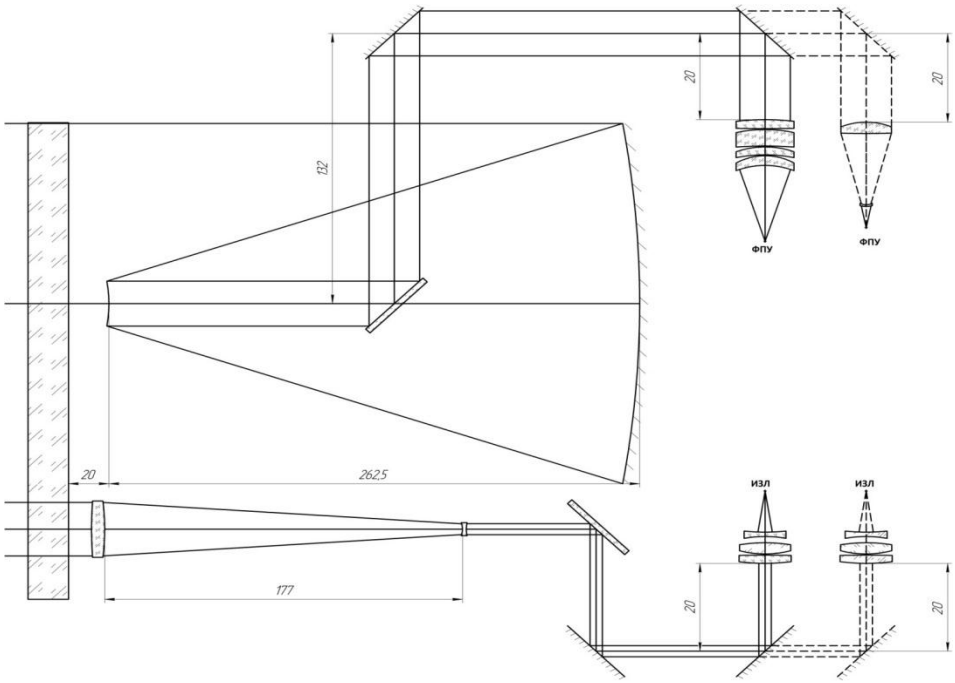


Рис. 3. Оптическая схема 1 приемо-передающего телескопа космической линии связи

Как следует из заданных технических характеристик телескопа, входной зрачок (главное зеркало телескопа) не должен превышать 200 мм. Чтобы сократить габариты системы и избежать неоправданного увеличения ее массы, было выбрано относительное отверстие объектива телескопа 1:1,5, диаметр выходного зрачка получился $D'=D/\Gamma=25$ мм.

Чтобы разделить передающий и приемный каналы, избежать их пересечения, введем наклонную плоскопараллельную пластинку с зеркальным покрытием между главным и вторичным зеркалами телескопа. Пластинка устанавливается в геометрическом центре объектива телескопа (желательно, чтобы геометрический центр при этом совпадал с центром масс) под углом 23,5° к оптической оси. Диаметр пластинки должен быть таким, чтобы осуществлялся прием всего излучения от вторичного зеркала, и при этом не создавалось слишком большое слепое пятно на главном зеркале.

Оптический шарнир с дефлектором совмещает в себе несколько функций. Он обеспечивает согласование телескопической системы и системы фотоприемного устройства, осуществляет парирование влияния внешних механических воздействий, а также точную наводку при совмещении осей терминалов. Оптический шарнир в упрощенном виде представляет собой два наклонных зеркала.

Так как система должна работать в двух режимах: «связь» и «вхождение в связь», каждый из которых характеризуется своей величиной диаграммы направленности лазерного излучения на выходе: 32 угл. сек. и 24 угл. мин. соответственно, а время переключения между режимами 1 с, то второе зеркало шарнира следует «переключать» между режимами, соблюдая условия точного позиционирования.

Излучающий канал также включает в себя зеркало, которое переключается вместе с коллиматором, оптический шарнир и обратную систему Галилея для расширения пучка.

Возможен также второй вариант исполнения оптической схемы, который также удовлетворяет принятому конструктивному решению терминала (рис. 4). Конструктивные параметры приемного канала аналогичны параметрам предыдущей системы, параметры передающего же канала несколько отличаются.

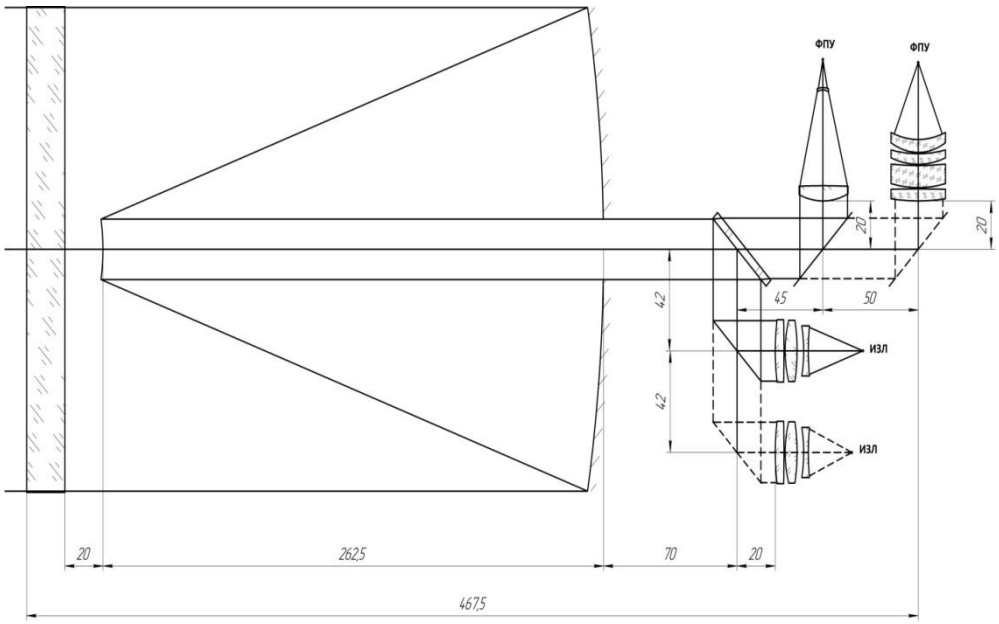


Рис. 4. Оптическая схема 2 приемо-передающего телескопа космической линии связи

Терминалы в данной схеме также как и в предыдущей идентичны, содержат два канала, один из которых передает сигнал на длине волны порядка 1,55 мкм, а

принимает приблизительно на 1,57 мкм. Второй передает на 1,57 мкм, а принимает на 1,55 мкм. Развязка сигналов внутри каждого из каналов обеспечивается дихроичным светоделителем и интерференционным фильтром в приемном тракте, т.е. осуществляется спектральная развязка излучения передатчика и принимаемого сигнала. Однако это не гарантирует того, что излучение из передающего канала не попадет в приемный канал того же терминала. Данная схема предполагает наличие отверстия в главном зеркале телескопа. Переключение осуществляется при помощи зеркального переключателя. Однако присутствуют определенные трудности в юстировке данной оптической схемы, она не стабильна в работе, поэтому первый вариант является предпочтительным как более технологичный.

Литература

1. Гальярди Р.М., Карп Ш. Оптическая связь / Пер. с англ. / Под ред. А.Г. Шереметьева. – М.: Связь, 1978. – 424 с.
2. Минаев И.В., Мордовин А.А., Шереметьев А.Г. Лазерные информационные системы космических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1981. – 272 с.
3. Слюсарев Г.Г. Расчет оптических систем. – Л.: Машиностроение, 1975. – 640 с.
4. Шереметьев А.Г. Статистическая теория лазерной связи. – М.: Связь, 1971. – 264 с.
5. А.с. H04B10/00 №2380834. Способ лазерной космической связи и комплекс для его осуществления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www1.fips.ru/, своб.
6. А.с. H04B10/22 №2276836. Система космической оптической связи между кооперируемым объектом и объектом-корреспондентом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www1.fips.ru/, своб.
7. А.с. H04810/00 №2328077. Устройство двухсторонней оптической связи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www1.fips.ru/, своб.

Олейник Роман Владимирович
Год рождения: 1990
Факультет точной механики и технологий,
кафедра мехатроники, группа № 6672
Направление подготовки: 221000 – Мехатроника и робототехника
e-mail: oleynikrv@rambler.ru

УДК 62-503.55

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АНТРОПОМОРФНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕМАТИКИ РУКИ ЧЕЛОВЕКА

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

Объектом исследований в данной работе является кисть человека. До сих пор считается, что человеческая кисть является самым лучшим «биоманипулятором» среди аналогичных приспособлений позвоночных животных. Причем она одновременно и самый универсальный манипулятор – мы можем совершать с ее помощью множество разнообразных и одновременно высокоточных движений. Эволюция потратила тысячелетия на то, чтобы довести это весьма полезное устройство до совершенства,

хотя, без сомнения, люди и сами ей в этом помогали. Традиционная точка зрения по поводу формирования этой части тела выглядит так: унаследовав от древесных предков гибкую и приспособленную к хватательным движениям кисть, древние люди начали использовать ее для манипуляций с предметами в процессе изготовления орудий труда. Это способствовало развитию гибкости пальцев и ладони, а также противопоставлению большого пальца всем остальным. В какой-то момент естественный отбор стал благоприятствовать особям с именно такой кистью, и, обеспечивающие подобное строение данной части тела, гены стали доминирующими в человеческой популяции. Проще говоря, еще со времен Фридриха Энгельса ученые считали, что развитие кисти шло по пути повышения ее способности к манипуляции с предметами.

Непосредственно, задачей, которая была поставлена, является проектирование антропоморфного механического манипулятора на основе встроенного микроконтроллера и системы управлении им с целью описания движения кисти человека. Суть исследования состояла в изучении процесса управления движением сервоприводов манипулятора, посредством удаленной передачи данных, фиксируемых с движущейся человеческой кисти и дальнейшей их обработке.

В работе были рассмотрены методы и способы биомеханических исследований, существующие проблемы в области протезирования, а также механизм движений верхних конечностей. Исходя из полученных сведений, можно подвести итог: большинство бионических протезов на сегодняшний день имеет существенно высокую стоимость, а также недостатки в виде отсутствия или неполноценности обратной связи между протезом и человеком.

В качестве метода описания движения верхней конечности человека в данной работе решено было использовать анализ с помощью механической модели кисти, управляющего манипулятора с тензорезистивными датчиками в качестве чувствительных элементов и необходимых программных пакетов.

В связи с этим к системе были предъявлены следующие требования:

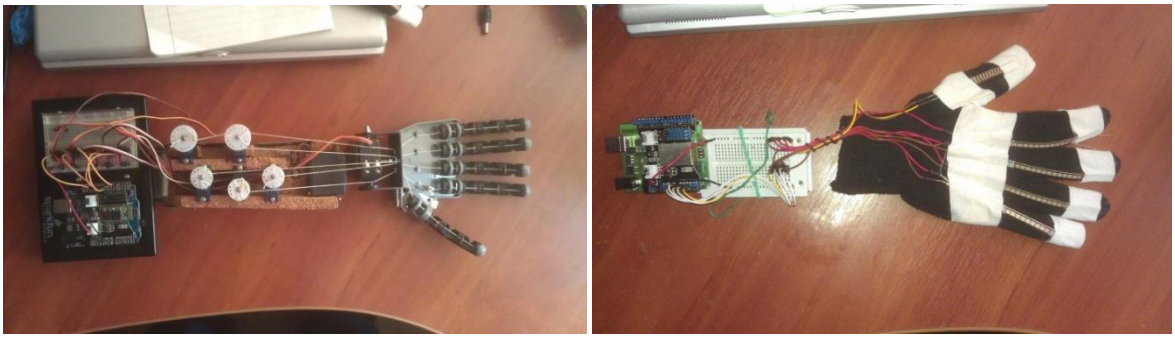
- механическая модель кисти должна иметь габариты, схожие с реальной человеческой кистью;
- число степеней свободы механизма должно быть максимально возможным;
- устройства управления должны фиксироваться на теле человека и не влиять на движения кисти;
- управляющие данные должны передаваться по беспроводному каналу связи.

Необходимо разработать и программно реализовать алгоритм, на входе которого будут необработанные данные с датчиков, а на выходе – управляющий сигнал, передаваемый на сервоприводы «кисти».

Требования к программе:

- максимально простой и понятный интерфейс. Минимальное количество действий, необходимых для работы пользователя с программой;
- программа должна состоять из двух файлов. В первом файле должны быть описаны все функции, используемые для анализа, обработки данных, получаемых по беспроводному каналу, и управления сервоприводами. Во втором файле программы – код, осуществляющий обработку сигналов датчиков и передающий данные по беспроводному каналу для дальнейшей обработки.

В ходе работ была спроектирована, запрограммирована и испытана рука-манипулятор, в основе управляющей схемы которой находится микроконтроллер ArduinoUno.



а б

Рисунок. «Механическая модель» (а); «Управляющая перчатка» (б)

«Рука» представляет собой пятипалую «кисть» с подвижными «пальцами» из полимера (резины), «ладонь» из пластика, «запястье» являющееся кронштейном из двух соединенных сервоприводов, а также «предплечье», выполненное в домашних условиях из алюминиевого профиля и деревянных подкладок. Каждый «палец» привязан натянутым тросиком к отдельному сервоприводу, в свою очередь, сервоприводы закреплены в «предплечье» и подключены к управляющей плате (ArduinoUno). На управляющей плате установлен дополнительный элемент, так называемый Bluetooth-адаптер, на который поступает управляющий сигнал от «управляющей перчатки».

Перчатка является обычной бытовой перчаткой с нашитыми на нее гибкими датчиками, или же тензорезисторами. Каждому пальцу, соответствует свой датчик. Датчики подключены к управляющей плате, как и в случае механической «руки» ArduinoUno, на которую, в свою очередь, установлен BluetoothShield фирмы Seeeduino. Аналоговый сигнал датчиков передается на плату, с платы сигнал поступает в Bluetooth-модуль, а оттуда, без взаимодействия с компьютером, в Bluetooth-приемник на механической «руке».

Система управления устройством представляет собой два микроконтроллера, первый из которых отвечает за прием, обработку и передачу по беспроводному каналу связи данных получаемых от тензодатчиков, а второй – за прием обработанных данных и отправки управляющего сигнала в сервоприводы, отвечающие за движение механической модели.

Рассмотрим подробнее первую часть системы, т.е. так называемую «Управляющую перчатку». Пять датчиков подключены к аналоговым выходам контроллера, питанию и земле. Аналоговый сигнал представляет собой напряжение в цепи, которое регистрирует контроллер. В процессе изгиба датчиков, т.е. их деформации происходит изменение сопротивления в цепи, из-за этого меняется напряжение. На входе контроллера появляется значение напряжения, изменяющееся в неком диапазоне соответственно деформации каждого датчика. Полученные таким образом данные обрабатываются, и им присваивается значение угла поворота для дальнейшей передачи в сервоприводы. Обработанные данные отправляются через последовательный порт сначала в Bluetooth-модуль, а после, по заранее запрограммированному каналу связи между парными модулями, во второй контроллер.

Теперь перейдем ко второй части – «Механической модели». Поступивший сигнал от первого устройства передается через беспроводной канал связи, затем сразу же отправляется в сервопривод. Для работы с сервоприводами используются специальные библиотеки в программном коде. Получив данные в виде готовых значений углов поворота, сервоприводы выполняют движение, т.е. тянут тросики. Вследствие этого «пальцы» начинают сгибаться-разгибаться соответственно заданному значению угла.

В итоге, в данной работе был исследован механизм движений верхней конечности человека на основе методов биомеханики. Также был сделан подробный обзор существующих на данный момент бионических протезов и рассмотрены наиболее современные системы со своими преимуществами и недостатками, в результате чего сформулированы требования к разрабатываемой системе и выбраны необходимые устройства.

Благодаря полученным сведениям была спроектирована конструкция, создан макет механической модели руки человека, а также разработана система управления созданной моделью. В основе управляющей системы находятся микроконтроллеры, для которых был разработан алгоритм, написана и испытана программа в среде программирования Arduino.

Все указанные в постановке задачи требования к системе соблюдены.

В качестве дальнейших путей развития системы можно указать разработку способов передачи обратного сигнала человеку, с целью повышения управляемости механической модели, т.е. оснащение системы функциями обратной связи, а также улучшение конструкции и дизайна для обеспечения большего подобия руке человека и обеспечение компактности устройства. Также можно рассмотреть такие варианты улучшений, как использование сервоприводов постоянного вращения или, например, пневмомускулов. Отдельно можно выделить такое улучшение системы управления, как обеспечение управления механической моделью посредствам нейроимпульсов, так как не исключен вариант использования разработанного манипулятора и системы управления в создании бионического протеза.

Литература

1. Зацисорский В.М., Аруин А.С., Селуянов В.Н. Биомеханика двигательного аппарата человека. – М.: Физкультура и спорт, 1981. – 143 с.
2. Бранков Г. Основы биомеханики / Пер. с болгарского В. Джупанова / Под ред. И.В. Кнетса. – М.: Мир, 1981. – 256 с.
3. Дубровский В.И., Федорова В.Н. Биомеханика: учеб. для средн. и высш. учеб. заведений. – М.: ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. – 672 с.
4. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino. – СПб: БХВ-Петербург, 2012. – 256 с.
5. Платонов А.К. и др. Методы биомехатроники тренажера руки человека // Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша. – 2012. – № 82. – 40 с.

Павлов Михаил Сергеевич
Год рождения: 1990
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевых технологий, кафедра технологии молока и пищевой биотехнологии, группа № и6368
Направление подготовки: 260200 – Продукты питания животного происхождения
e-mail: pavlin_90@list.ru

УДК 637.146.3/663.05

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРОФЛОРЫ МОЛОКА НА ВЫХОД ТВОРОГА

М.С. Павлов
Научный руководитель – к.т.н., доцент П.И. Гунькова

Важнейшая роль в питании человека принадлежит животным белкам. Их дефицит отрицательно влияет на умственное и физическое состояние, иммунитет, трудоспособность, продолжительность жизни. Белки молока имеют наибольшую биологическую ценность в связи с содержанием незаменимых аминокислот и легкой перевариваемостью [3].

В связи с этим человеку необходимо ежедневно употреблять молочные продукты, а промышленность должна обеспечить их доступность и качество.

В настоящее время при производстве белковых молочных продуктов (сыра, творога) возникают трудности, связанные с высокой стоимостью молока, качеством молока, выходом и качеством продукта [1].

Цель работы состояла в изучении факторов, влияющих на выход творога, для чего необходимо было:

- изучить качественный и количественный состав микрофлоры, а также состав и свойства сырого молока хозяйств Ленинградской области (ЛО), поступающего на производство творога;
- провести исследование влияния микрофлоры молока на его состав и выход творога.

Работа была разделена на несколько этапов. На первом этапе проводилось изучение научной литературы по теме исследования. Затем накапливались данные по молоку из хозяйств ЛО. Далее из всех поставщиков молока были выбраны несколько ферм. После проводились экспериментальные выработки творога. В нем контролировали количество и состав микрофлоры, титруемую кислотность, массовую доля жира, белка, казеина, плотность количества соматических клеток, содержание ионов калия и хлора. Исследования проводились по общепринятым методикам или же по технической инструкции. Схема исследований представлена в табл. 1.

Таблица 1. Схема исследований

Основные этапы исследования		Изучаемые объекты	Контролируемые параметры
Подбор и изучение литературы по теме работы			
Постановка целей и задач исследований			
Исследование состава и свойств молока хозяйств ЛО		Пробы сырого цельного молока хозяйств ЛО	титруемая кислотность; плотность; массовая доля жира; массовая доля белка; массовая доля казеина; массовая доля сывороточных белков; массовая доля лактозы; содержание ионов калия; содержание ионов хлора; содержание соматических клеток; наличие ингибирующих веществ; КМАФАнМ; БГКП; количественный и качественный состав стрептококков и стафилококков
Подбор хозяйств по группам с различным содержанием микрофлоры и соматических клеток		Пробы сырого цельного молока хозяйств ЛО	содержание соматических клеток; количественный и качественный состав микрофлоры молока
Исследование проб молока выбранных хозяйств	Изучение влияния микрофлоры молока и соматических клеток на его состав и свойства	Пробы сырого цельного молока хозяйств ЛО	титруемая кислотность; плотность; массовая доля жира; массовая доля белка; массовая доля казеина; массовая доля сывороточных белков; содержание ионов калия; содержание соматических клеток; наличие ингибирующих веществ; сычужная свертываемость; КМАФАнМ; БГКП; количественный и качественный состав стрептококков и стафилококков
	Разработка метода контроля содержания соматических клеток	Пробы сырого цельного молока хозяйств ЛО	содержание ионов калия; содержание ионов хлора; содержание соматических клеток
Выработка творога контроль показателей творога	Изучение влияния микрофлоры молока и соматических клеток на выход творога	Белковый сгусток, сыворотка, творог нежирный	титруемая кислотность; содержание влаги; выход готового продукта; консистенция; вид, количество сыворотки; органолептическая оценка сгустка

Результаты исследования состава микрофлоры молока ЛО и ее влияние на соматические клетки отображено в табл. 2. Как видно из таблицы молоко от здоровых коров имело незначительное содержание соматических клеток, менее 100 тыс./см^3,

количество микроорганизмов незначительно – единичные колонии стрептококков. При увеличении содержании соматических клеток до 300 тыс./см^3 возрастала общая обсемененность микроорганизмов среди них стрептококки и кишечные палочки. При дальнейшем увеличении числа соматических клеток 300–500 тыс./см^3, количество микроорганизмов их состав дополняется стафилококками. Значительное возрастание количества соматических клеток от 500 до 1000 тыс./см^3 соответствует содержанию микроорганизмов, видовой состав которых представлен стрептококками, стафилококками, кишечными палочками и дрожжами, и говорит о значительной примеси в нем маститного молока. В молоке, полученном от больных животных, содержание соматических клеток свыше 1500 тыс./см^3, микроорганизмы представлены стрептококками, стафилококками, кишечными палочками примерно в равных долях и дрожжами, количество колониеобразующих единиц составляет более 270 в 1 см^3, содержание соматических клеток свыше 1500 тыс./см^3. В пробах молока с примесью маститного и от больных животных выделены бактерии Str. disgalactiae, Str. agalactiae, Staph. aureus, Staph. epidermidis, Enterococcusfaecalis, E. coli, Ps. aerogenosa, дрожжи рода Candida. Все пробы молока были разделены на три группы в зависимости от количества соматических клеток в нем. Они являются санитарным показателем.

Таблица 2. Результаты исследования состава микрофлоры молока ЛО

Микроорганизм, КОЕ/см^3	Содержание соматических клеток, тыс./см^3				
	Менее 100	100–300	300–500	500–1000	Более 1500
Стрептококки	1–2	3–10	10–40	40–75	Более 80
Стафилококки	нет	нет	2–3	3–60	Более 80
Кишечные палочки	нет	1–6	6–10	10–30	Более 80
Дрожжи	нет	нет	нет	3–5	Более 30

Взаимосвязь между микрофлорой и соматическими клетками в молоке и содержанием белков, в молоке из 1 группы, содержание белка в среднем 3,3±0,05%, казеина – 2,8±01%, сывороточных белков – менее 0,4%. В молоке 2 группы содержание общего белка было от 3,20±0,05%, казеина 2,6±0,2%, сывороточных белков 0,5±0,1%. При анализе молока из 3 группы количество общего белка изменялось в пределах 3,08±0,08%, а казеин 1,9±0,5%, сывороточных белков 1,2±0,6%.

Взаимосвязь между микрофлорой и соматическими клетками в молоке и концентрации калия в нем представлена в табл. 2, из которой видно, что при увеличении количества стрептококков, стафилококков и другой микрофлоры концентрация калия уменьшается. В молоке 1 группы концентрация ионов калия от 16 до 20 мг%. В молоке 2 группы концентрация ионов калия составляла от 11 до 16 мг%. В третьей группе концентрация ионов калия уменьшалась от 11 и менее 6 мг%. По-видимому это связано с тем, что при мастите, и, как следствие, увеличение в молоке содержания стафилококков, стрептококков и других микроорганизмов, выделяется плазмин, что приводит к перекрыванию калиевые каналов в секреторных клетках. Также изменяется и содержание ионов хлора – составляет 90 мг%, 90–110 мг%, 112,9–142 мг% для тех же групп.

Далее из выбранного молока с различным содержанием микрофлоры и соматических клеток вырабатывали обезжиренный творог. Метод выработки кислотно-сычужный. Операционная схема производства представлена рисунке.

Рисунок. Операционная схема производства

После выработки творог анализировали по различным физико-химическим показателям. Взаимосвязь между микрофлорой и соматическими клетками в молоке на выход и качество творога представлена в табл. 3. Из 1 л молока 1 группы выход творога в среднем составил 215 г. Из молока 2 группы выход колебался от 200 г до 210 г. Из молока 3 группы выход продукта в среднем составил от 190 до 200 г, что на 19% ниже, чем выход творога из молока 1 группы. Качество творога, выработанного из молока 1 группы, было значительно выше, чем при выработке творога из молока 2 и 3 групп. Так, при переработке молока 1 группы с низкой микробной обсемененностью и количеством соматических клеток до 300 тыс./см^3 творог всегда имел мягкую рассыпчатую консистенцию, а получаемые при этом сгустки были плотными, колющимися, хорошо отделяли прозрачную сыворотку. Творог, выработанный из молока 2 группы, содержащего стрептококки, стафилококки и кишечные палочки с концентрацией соматических клеток 300–500 тыс./см^3 в нескольких случаях имел неоднородную, слегка крупитчатую консистенцию, но сгустки были достаточно плотными, сыворотку отдавали хорошо, но немного меньше по объему, чем в первом случае.

При выработке творога из молока 3 группы со значительным количеством стрептококков, стафилококков, кишечных палочек и дрожжей и числом соматических клеток 500–1000 тыс./см^3 во многих случаях имела место неоднородная крупитчатая консистенция продукта, сгусток был недостаточно плотным, сыворотка отделалась хуже и была мутной.

Таблица 3. Взаимосвязь между микрофлорой и соматическими клетками в молоке на выход и качество творога

Группа молока		1	2	3
Характеристика творога полученного из 1 л молока	Выход, г	210–220	200–210	180–200
	Массовая доля влаги, %	78–80	79–82	80–83
	Кислотность, °Т	210–230	200–220	200–220
	Органолептическая оценка	Однородная, мажущая, крупнозернистая	Однородная, мажущая, зернистая или неоднородная	Неоднородная, зернистая
Характеристика сгустка		Плотный, колющийся	Плотный, колющийся	Дряблый
Характеристика сыворотки		Прозрачная, желто-зеленого или зеленого цветов, без осадка	Прозрачная, желто-зеленого цвета, без осадка	Мутная, белого или желто-белого цвета, с осадком

Выводы по проделанной работе

1. Между микробной обсемененностью и составом молока имеется тесная взаимосвязь; в молоке с высокой микробной обсемененностью и большим количеством соматических клеток наблюдается значительное снижение количества казеина с увеличением концентрации сывороточных белков, уменьшение содержания лактозы и ионов калия; концентрация ионов хлора, наоборот, увеличивается.
2. Изменения в составе молока с высокой микробной обсемененностью отрицательно сказываются на выходе и качестве продукта; выход творога из молока, инфицированного единичными колониями стрептококков, стафилококков и кишечных палочек (КСК от 300 до 500 тыс./см^3) снижается на 5–7%, а при увеличении количества КОЕ стрептококков, стафилококков и БГКП (КСК от 500 до 1000 тыс./см^3) выход снижается на 19%.
3. При отборе молока для производства творога следует осуществлять строгий контроль микробной обсемененности и содержания соматических клеток перед каждой выработкой. Для повышения объемов выхода творога необходимо использовать только молоко с содержанием соматических клеток в пределах до 300 тыс./см^3 и не выше.
4. С целью более точного контроля качества заготовляемого молока рекомендуется использовать не количество соматических клеток, а концентрацию ионов хлора и ионов калия. Для оценки качества молока, производимого в Ленинградской области, предложена таблица зависимости содержания ионов хлора и калия от количества соматических клеток.

Литература

1. Горбатова К.К., Гунькова П.И. Биохимия молока и молочных продуктов. – СПб: ГИОРД, 2010. – 336 с.
2. Горбатова К.К., Гунькова П.И. Чем опасны маститы у крупного рогатого скота // Переработка молока. – 2009. – № 10. – С. 62.
3. Горбатова К.К. Химия и физика молока. Учебник для вузов. – СПб: ГИОРД, 2003. – 288 с.
4. Гуньков С.В., Горбатова К.К., Гунькова П.И. Влияние содержания γ-казеинов на выход и качество белковых продуктов типа творога // Переработка молока. – 2006. – № 11. – С. 32–33.

5. Свириденко Г.М. Микробиологические риски при производстве молока и молочных продуктов. – М.: Изд-во Россельхозакадемии, 2009. – 246 с.

Пасишник Александра Сергеевна
Год рождения: 1990
Инженерно-физический факультет, кафедра лазерных технологий и экологического приборостроения, группа № 6232
Направление подготовки: 200500 – Лазерная техника и лазерные технологии
e-mail: a.pasishnik@gmail.com

УДК 535.016

РАЗРАБОТКА ФОТОННО-КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СВЕТОВОДОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СИСТЕМАХ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ МОЩНОЕ ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

А.С. Пасишник (Университет ИТМО)
Научный руководитель – д.т.н., вед.н.с. В.С. Шевандин
(ОАО «НИТИОМ ВНЦ «ГОИ им. С.И. Вавилова»)

В работе отражены результаты исследования нелинейно-оптического преобразования лазерного излучения пикосекундной длительности – генерации суперконтинуума – в фотонно-кристаллических световодах с сердцевиной большого диаметра. Под генерацией суперконтинуума понимается процесс спектрального уширения распространяющихся в среде оптических импульсов, происходящего вследствие совместного действия дисперсии и различных нелинейных эффектов. Ранее для генерации суперконтинуума применялись световоды с сердцевинами диаметром 1–5 мкм, однако для увеличения плотности светового потока, вводимого в световедущую сердцевину, рационально увеличение ее размера. Максимальная средняя мощность суперконтинуума, о которой сообщается в литературных источниках, составляет 50 Вт и достигнута накачкой фотонно-кристаллического световода с сердцевиной диаметром 5 мкм непрерывным одномодовым волоконным лазером [1]. В световоде с аналогичным диаметром световедущей сердцевины достигнут рекордный для импульсной накачки уровень средней выходной мощности спектрального континуума 39 Вт [2].

Актуальность работы определялась необходимостью осуществления эффективного преобразования пикосекундного лазерного излучения в спектр суперконтинуума в фотонно-кристаллических световодах с сердцевиной диаметром, превышающим 5 мкм. **Цель работы** – разработка серии световодов для генерации суперконтинуума с высокой выходной мощностью и большим спектральным диапазоном.

Для проведения экспериментальных исследований был изготовлен ряд световодов с сердцевинами диаметром от 8 до 10 мкм. Коэффициент заполнения воздухом был приблизительно одинаков для всех волокон и составлял приблизительно 0,95, что обуславливало многомодовый режим распространения в рассматриваемом спектральном диапазоне. В таблице отображены основные характеристики световодов, знание которых необходимо для представления о сценарии нелинейных взаимодействий, имеющих место быть в данных условиях накачки. Все данные приведены для основной моды.

Таблица. Характеристики изготовленных образцов

Диаметр сердцевины, мкм	Эффективная площадь модового пятна $A_{эфф}$, мкм^2	Коэффициент нелинейности γ, км$^{-1}$Вт$^{-1}$	Длина волны нулевой дисперсии λ_0, нм
8	33,8	3,61	1098
9	42,63	2,862	1108
10	52,5	2,324	1120

В качестве источника накачки служил Yb:KGW лазер, длина волны излучения которого – 1030 нм. Длительность импульса составляла 2 пс при частоте следования 200 кГц. Максимальная средняя мощность достигала 1,8 Вт, что соответствовала пиковой мощности 4,5 МВт и максимальной энергии в импульсе 9 мкДж. Лазерное излучение фокусировалось микрообъективом с 50^x увеличением на торец исследуемого световода, расположенного на координатном столике. Выходной сигнал регистрировался двумя спектроанализаторами в видимом и инфракрасном диапазонах.

Результатом исследования стала генерация суперконтинуума во всех образцах фотонно-кристаллических световодов. Наиболее эффективное нелинейное преобразование лазерного излучения имело место в световоде с сердцевиной диаметром 8 мкм, увеличение диаметра сердцевины до 9–10 мкм приводило к заметному снижению эффективности генерации суперконтинуума. Максимальный уровень средней мощности накачки обеспечивал наиболее широкий спектральный диапазон суперконтинуума, который в световоде с 8 мкм сердцевиной покрывал 1000 нм (рисунок). При этом следует отметить генерацию достаточно интенсивного антистоксова крыла, формирования которого в световодах с сердцевинами большего диаметра даже при максимальной мощности накачки не наблюдалось.

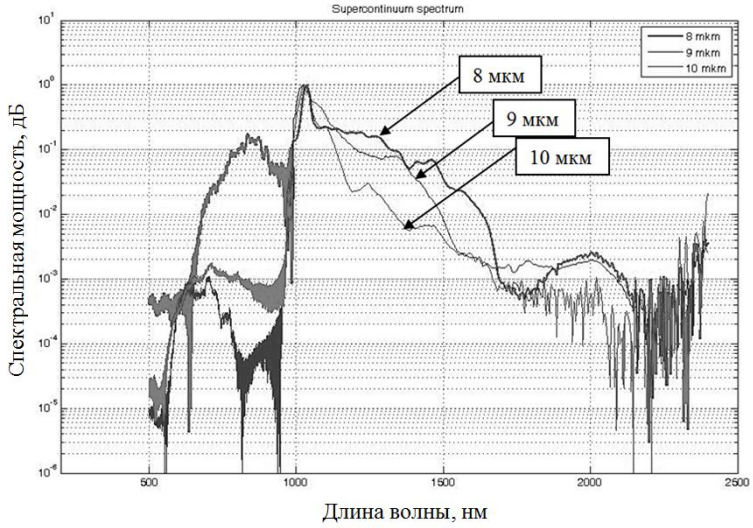


Рисунок. Спектры суперконтинуума, полученные при накачке световодов с сердцевинами различного диаметра излучением максимальной средней мощности – 1,5 Вт

Анализ механизмов, ответственных за генерацию суперконтинуума состоял в теоретическом исследовании условий протекания четырехволнового смешения – процесса, играющего первостепенную роль в формировании новых спектральных компонент в данных условиях накачки. Исследование заключалось в расчете расстройки постоянной распространения для световода с сердцевиной диаметром 8 мкм на основании значений эффективного показателя преломления основной и первой высшей мод, вычисленных в программе COMSOLMultiphysics. По результатам расчетов спектральные изолированные линии четырехволнового смешения,

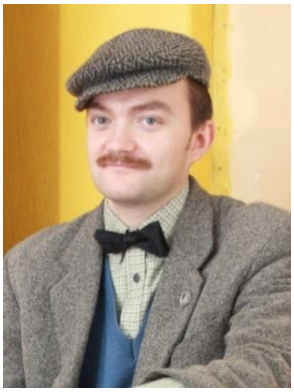
формируемые в высшей моде, должны располагаться на λ=800 нм и λ=1450 нм при минимальном уровне средней мощности накачки, что согласуется с экспериментальными данными.

Кроме того, можно отметить образование изолированных линий за счет вынужденного комбинационного рассеяния. Линии отстоят друг от друга на 440 $см^{-1}$ – на частоту, соответствующую частоте молекулярных колебаний кварцевого стекла. Фактором, определяющим уширение спектра импульса и новых спектральных компонент, является действие фазовой самомодуляции.

В ходе выполнения работы были получены образцы фотонно-кристаллических световодов с сердцевиной большого диаметра, предназначенные для осуществления эффективного нелинейно-оптического преобразования лазерного излучения. Результатом экспериментальных исследований стала генерация спектрального континуума во всех световодах с разной степенью эффективности. Теоретическое рассмотрение механизмов, ответственных за формирование уширенного спектра, показало, что основной вклад в генерацию новых спектральных компонент вносит процесс четырехволнового смешения.

Литература

1. Travers J.C., Rulkov A.B., Cumberland B.A., Popov S.V., Taylor J.R. Visible supercontinuum generation in photonic crystal fibers with a 400W continuous wave fiber laser // Optics Express. – 2008. – V. 16. – № 19. – P. 14435–14447.
2. Horak P., Chen K.K., Alam S., Dasgupta S., Richardson D.J. High-power supercontinuum generation with picosecond pulses // 12th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON). – 2010. – P. 1–4.



Пастухов Артем Сергеевич
Год рождения: 1984
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевой инженерии и автоматизации, кафедра автоматизации биотехнологических и теплофизических процессов, группа № и6251
Направление подготовки: 220700 – Автоматизация технологических процессов и производств
e-mail: Artem.pastukhov1984@gmail.com

УДК 664.656. 3

АНАЛИЗ АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ПОТОКЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

А.С. Пастухов
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.Б. Данин

Задача обеспечения микробиологической безопасности хлеба во время его хранения и реализации в торговой сети решается путем упаковывания его в пленку. С упакованным товаром также удобнее работать с точки зрения маркетинга. Однако упаковка в пленку возможна лишь при достаточно низкой температуре продукта. Если упаковывать изделия в горячем виде, то внутри упаковки конденсируется влага, что

приводит к увлажнению корки, ускоренному развитию плесени и потере товарного вида хлебной продукции.

В данной работе разрабатывается система управления процессом охлаждения свежевыпеченных хлебобулочных изделий, осуществляемого на спиральном конвейере («кулере»). Преимуществом применения спиральных конвейерных систем является сокращение времени охлаждения за счет использования принудительного охлаждения потоком воздуха и экономия площадей.

В литературных источниках можно найти сравнительные характеристики различных способов охлаждения и хранения хлебобулочной продукции [1]. Однако при применении как «кулеров», так и традиционных тоннельных схем не учитываются аппаратурно-технологические параметры охлаждения, такие как температура, влажность и скорость обдувающего продукт воздуха, скорость движения конвейерной ленты, а также теплофизические свойства, форма и масса охлаждаемого продукта [2]. При автоматизации охлаждения хлебобулочной продукции посредством «кулеров» возникает необходимость разработки комплексной системы управления, позволяющей оптимизировать параметры технологического процесса при возникновении возмущающих воздействий, которые могут возникнуть на хлебопекарном предприятии.

Таким образом, **целью работы** являлся анализ аппаратурно-технологических факторов и разработка системы управления технологическим процессом принудительного охлаждения хлебобулочных изделий на спиральном конвейере и построение системы управления этим процессом.

Для достижения поставленной цели было необходимо:

1. провести теоретическое исследование физических представлений о естественном остывании и конвективном охлаждении хлебобулочных изделий;
2. провести необходимые экспериментальные исследования для уточнения физической модели, а также определения начальных и граничных условий процессов остывания и охлаждения и теплофизических свойств исследуемого продукта;
3. провести математическое моделирование процесса естественного остывания и конвективного охлаждения хлебобулочных изделий и провести расчетно-теоретическое исследование этих процессов;
4. проверить адекватность математической модели путем сравнения результатов теоретических и экспериментальных исследований и провести необходимое уточнение модели;
5. разработать программно-вычислительную систему, позволяющую определить значения температуры и скорости обдувающего продукт воздуха на основе заданных теплофизических свойств объекта охлаждения и режима охаждения;
6. разработать параметрическую и структурно-параметрическую схемы объекта управления, а также включить полученную программно-вычислительную систему в работу стандартной структурной схемы автоматического регулирования, позволяющую сравнивать текущие значения температуры охлаждаемых изделий с температурами данного вида продукции, вычисленными при помощи математической модели.

Для разработки системы управления таким процессом был проведен анализ аппаратурно-технологических факторов. Анализ проводился с использованием технической и технологической документации, а также результатов экспериментов, проведенных на спиральном конвейере.

Проведенный анализ показал, что при управлении конвейерной установкой охлаждения хлебобулочных изделий имеются широкие возможности компенсации влияния на конечный продукт отклонений изменением управляющих воздействий. Разрабатываемая система автоматического контроля и регулирования процесса

охлаждения основывается на том, что текущее значение регулируемых параметров в блоке рассогласования сравнивается с заданными значениями соответствующих параметров, и формируются сигналы рассогласования, которые усиливаются до значений, достаточных для срабатывания исполнительных механизмов, обеспечивающих работу регулирующих органов. **Научная новизна** заключается в вычислении заданных значений параметров охлаждения. Данные вычисления проводятся при помощи вычислительной системы, основанной на экспериментальных исследованиях и математическом моделировании.

Экспериментальные исследования проводились на хлебе, который был изготовлен в лаборатории и охлаждался после выпечки, путем естественной, и принудительной конвекции. Во время проведения экспериментов регистрировались изменение температуры в центре буханки и потеря массы, которая определялась путем вычисления разницы массы буханки до и после охлаждения с использованием весов Mettler PE 3600 precision scale. Охлаждение путем принудительной конвекции проводилось в климатической камере Votsch VC 7018 (Votsch – Lindenstrath, Германия), оснащенной контролерами температуры и относительной влажности. Скорость воздуха измерялась с помощью анемометра VelociCalc 8355 (TSI,MN, США) и колебалась в пределах 1,5–2,5 м/с.

Время охлаждения определяется временем, необходимым для достижения в центре буханки температуры 30°С. Измерения температуры в середине мякиша и температуры корочки были проведены в течение 12 000 секунд через каждую секунду с помощью термопар, подключенных к системе сбора данных Grant data-acquisition system (UK). Показания изменения температуры и относительной влажности воздуха во время охлаждения снимались и обрабатывались системой сбора данных DataLog 20 (AOIP, Orangis, Франция), термопарами К-типа, а также регистратором данных Hygrolog (Rotronic, Bassersdorf, Швейцария). Влажность мякиша и корочки после охлаждения определялась гравиметрически, путем отбора проб и нагревания их в течение 1,5 ч при 130°С. В результате проведенных экспериментов были получены начальные и граничные условия, которые впоследствии были применены при моделировании модели процесса охлаждения.

Моделирование основывается на втором законе Фурье для теплопередачи и на законе Фика для массопередачи. Уравнения тепловой диффузии (1)–(2):

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda\left(T\right)}{\rho_b c_{p_b}\left(T,W\right)}\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right)+\frac{H_{\lg}\left(W\right)\rho_d}{\rho_b c_{p_b}\left(T,W\right)}\frac{\partial W}{\partial t} \text{ если } T_s > T_{centre} \qquad (1)$$

и

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda\left(T\right)}{\rho_b c_{p_b}\left(T,W\right)}\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right) \text{ если } T_s < T_{centre}, \qquad (2)$$

где λ – теплопроводность хлеба, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; ρ_b – плотность хлеба, $\text{кг}/\text{м}^3$; c_{p_b} – удельная теплоемкость хлеба, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$; W – местное влагосодержание, $\text{кг}_{\text{влаги}}/\text{кгс}_{\text{сухого в–ва}}$; H – относительная влажность воздуха, %; T_s – температура поверхности буханки; T_{centre} – температура в центре буханки; $\frac{\lambda}{\rho_b c_{p_b}}$ – коэффициент температуропроводности вещества, $\text{м}^2/\text{с}$.

На рисунке представлены графики экспериментальных и вычисленных значений изменения температуры в центре мякиша и на поверхности буханки во время охлаждения изделия.

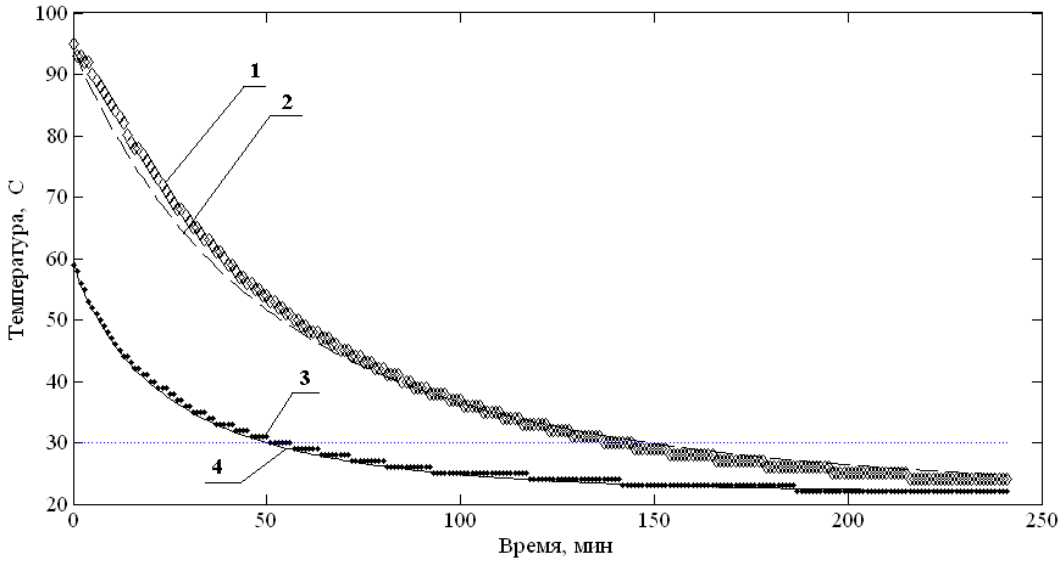


Рисунок. Экспериментальная (1) и расчетная (2) температуры в центре буханки, и экспериментальная (3) и расчетная (4) температуры на поверхности буханки во время охлаждения при температуре 22°С. Скорость воздуха 0,5 м/с

Для определения количественного расхождения модели с экспериментальными данными используется среднеквадратичное отклонение между измеренными и вычисленными значениями изменения температуры во время охлаждения в центре буханки (3) и на поверхности (4).

$$m_{\text{центр.}} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}\left(T_{\text{exp}} - T_{\text{cal}}\right)^2} = 14,44\,, \qquad (3)$$

$$m_{\text{поверхн.}} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{\text{j=1}}^{N}\left(T_{\text{exp}} - T_{\text{cal}}\right)^2} = 5,96\,, \qquad (4)$$

где T_{exp}, T_{cal} – экспериментальные и вычисленные значения температур соответственно; N – число точек измерения.

Таким образом, по результатам анализа аппаратурно-технологических факторов процесса охлаждения свежевыпеченных хлебобулочных изделий была разработана математическая модель. Полученная модель была подвергнута проверке на адекватность и затем легла в основу системы вычисления значений температуры и скорости обдувающего продукт воздуха.

Система автоматического контроля и регулирования процесса охлаждения основывается на том, что текущее значение регулируемых параметров в блоке рассогласования сравнивается с заданными значениями соответствующих параметров, и формируются сигналы рассогласования, которые усиливаются до значений, достаточных для срабатывания исполнительных механизмов, обеспечивающих работу регулирующих органов.

Практическое значение данной работы заключается в возможности внедрения разрабатываемой математической модели и алгоритма вычисления значений параметров охлаждения на одном из предприятий отрасли.

Литература

1. Шамшин А.С., Сагдеев А.А. Использование спиральных конвейерных устройств для снижения продолжительности процесса охлаждения и усушки хлебобулочных изделий // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15. – № 1. – С. 138–140.
2. Сергеев А.А., Косачев В.С., Кошевой Е.П. Учет формы хлебобулочных изделий в задачах теплообмена // Процессы и аппараты пищевых производств». – 2012. – № 1. – С. 341–345.

Перепёлкин Антон Константинович
Год рождения: 1991
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра информационных систем, группа № 6501
Направление подготовки: 230700 – Прикладная информатика
e-mail: ppaakk@bk.ru

УДК 004.04

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ РАБОТЫ С КЛИЕНТАМИ И ПРОИЗВОДСТВА РЕКЛАМНОЙ ПРОДУКЦИИ В РЕГИОНАЛЬНОЙ ТЕЛЕКОМПАНИИ «ТРИАДА»

А.К. Перепёлкин (Университета ИТМО)
Научный руководитель – А.А. Сергеев
(ЗАО «Триада»)

В работе рассматриваются проблемы информационного и организационного взаимодействия подразделений компании. Как правило, ключевую роль в таком взаимодействии играет отдел продаж, как одно из важнейших подразделений. Второй по значимости проблемой является установление контактов и поддержание отношений с клиентами компании.

Цель работы. Разработать средство автоматизации процессов работы с клиентами и производства рекламной продукции.

Предмет работы: взаимодействие процессов работы с клиентами и производства рекламной продукции.

Объект работы: взаимодействие работников отдела продаж с клиентами компании и другими подразделениями в процессе производства рекламной продукции.

Предметная область: автоматизация прикладных процессов.

Задачи работы:

- формирование модели прикладных процессов продажи услуг, размещения и производства рекламной продукции для анализа информационных потоков;
- изучение современных подходов к автоматизации этих процессов;
- формирование требований к автоматизации процессов;

– доработка готового бизнес решения «Управление торговлей», построенного на базе платформы 1С: Предприятие 8.3;
– установка и настройка системы на базе ЗАО «Триада»;
– тестирование заданной функциональности.

Руководством региональной телекомпании «Триада» была выявлена проблема не эффективного взаимодействия работников отдела продаж с клиентами компании и другими подразделениями в процессе производства рекламной продукции, и не достаточно эффективной организации информационного обмена внутри подразделений.

Была поставлена задача – сформулировать требования, на основании которых необходимо подобрать и внедрить информационную систему, позволяющую комплексно решить проблему информационного взаимодействия между сотрудниками различных подразделений компании, автоматизировать процессы производства рекламной продукции и управления работой с клиентами.

На сегодняшний день формализованы основные бизнес-процессы компании, а именно: процесс продажи услуг – рис. 1, процесс размещения рекламной продукции, процесс производства рекламной продукции, процесс согласования и выпуска собственных телепрограмм и ретрансляции программ сетевого партнера, создания новостных программ.

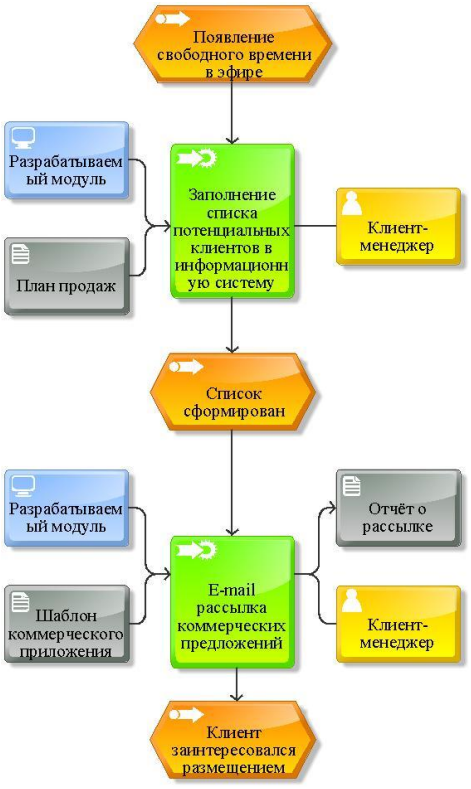


Рис. 1. Работа с клиентами

Телекомпания не очень большая по количеству сотрудников (40 штатных единиц), в связи с чем, очевидно, наличие совмещения должностей и взаимодействия, между сотрудниками разных подразделений. Например, монтажеры рекламной продукции также занимаются монтажом новостей и телепередач, менеджер сайта занимается и его редактированием.

Активно взаимодействует между собой и верхний уровень руководства, а именно директор по маркетингу и продажам, исполнительный директор и главный бухгалтер

постоянно обмениваются информацией об объемах работ по заключенным договорам и загруженности сотрудников, в соответствии с рис. 2.

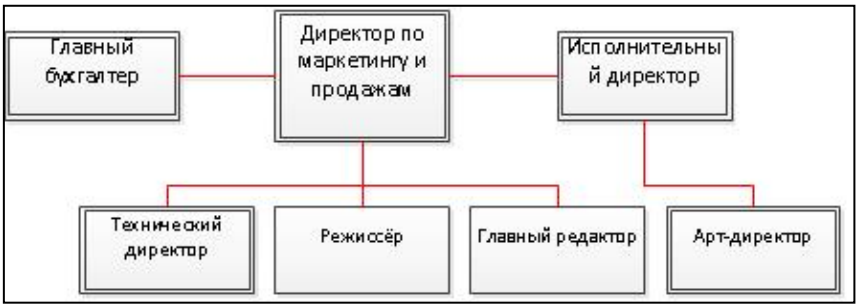


Рис. 2. Неформальные взаимодействия сотрудников компании

Директор по маркетингу и продажам передает информацию о планируемом заполнении рекламных блоков, спонсорстве и тематике новостных блоков техническому директору. Технический директор, в свою очередь, передает директору по маркетингу и продажам плей-лист, в котором содержится информация о количестве и продолжительности рекламных блоков. Директор по маркетингу и продажам напрямую взаимодействует с техническим директором, главным редактором, и режиссером.

Клиент-менеджеры передают информацию о заключенных договорах на спонсорство, предлагают тематики передач шеф-редактору новостей и телепередач, получая, в свою очередь, информацию о тематике новостных выпусков и мероприятиях, в спонсорстве которых могут быть заинтересованы клиенты компании.

В рамках анализа инфраструктуры информационных технологий описаны существующие информационные системы, их назначение и системные требования, характеристики серверов и телекоммуникационные решения. Описаны возможные угрозы и решения для обеспечения безопасности, процесс управления и роли сотрудников во взаимодействии с информационными системами (рис. 3).

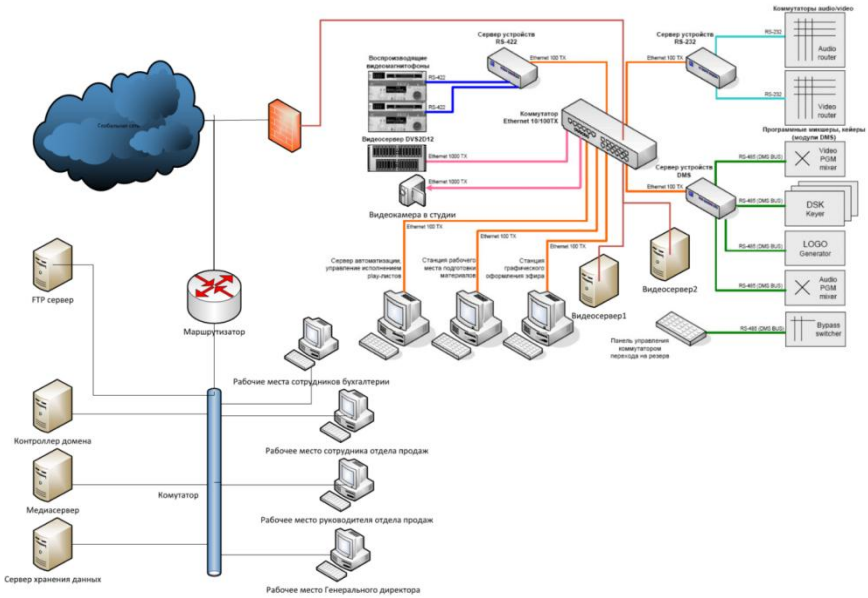


Рис. 3. Структура информационных технологий

На основе анализа прикладных процессов организации были сформулированы бизнес-требования: назначение системы – учет взаимоотношений с клиентами. В системе должна храниться информация о клиентах, истории взаимодействий и заключенных договорах. Так, в системе должны храниться структурная сетка размещения рекламных блоков, расписание работы съемочной группы, информация о рекламной видеопродукции,

список созданных передач и тематика новостных блоков. В системе должен присутствовать модуль управления ключевыми показателями эффективности для оценки деятельности сотрудников и повышения. Для сокращения рабочего времени на подготовку отчетности, в системе должны автоматически формироваться ежемесячные отчеты по продажам, отчеты по количеству созданных видеороликов, отчеты по затраченному времени на создание видеопродукции, отчеты по количеству незавершенных проектов. В системе должна содержаться информация о готовности материала.

На основе существующей инфраструктуры были сформулированы следующие требования: клиент-серверная модель, доступная как сотрудникам отдела продаж, так и сотрудникам отдела производства. Система должна функционировать на уже существующих рабочих местах. Данные должны храниться в единой базе данных MS SQL, где будет настроено еженедельное резервное копирование. Для защиты от потери данных, при увольнении клиент-менеджеров, система должна поддерживать разграничение прав доступа и возможность формирования групп доступа. В системе должен быть встроенный почтовый клиент и возможность формирования рассылок электронных писем. Система должна поддерживать возможность интеграции с программным продуктом 1С: Бухгалтерия, для выгрузки общей суммы договоров и затрат на производство рекламной продукции.

С помощью метода ранжирования по приоритетам – рис. 4, для этого, потребовалось решить с помощью метода экспертных оценок, какие весовые коэффициенты должны принимать разные критерии. Было опрошено 6 сотрудников компании и рассчитаны средние значения весовых коэффициентов. Таким образом, был выбран продукт «1С: Управление Торговлей», набравший больше всего баллов (9,38).

№	Веса критериев		Клиент Коммуникатор	Terrasoft CRM	Region CRM	FreshOffice CRM	Sales Expert	Monitor CRM Press	АПЕК CRM	1С УТ	1С CRM Проф	1С CRM Корп
1	Стоимость лицензий	12%	2	4	9	10	10	6	9	9	6	2
2	Интеграция с 1С:Бухгалтерией	13%	6	1	1	1	1	6	1	10	10	10
3	Конфигурирование	10%	6	1	1	1	1	1	1	10	10	10
4	Email рассылки	6%	10	9	9	9	1	10	9	10	9	10
5	Наличие подсистемы управления ключевыми показателями эффективности	15%	10	6	8	1	1	1	1	10	4	10
6	Возможность добавления необходимых сущностей собственными силами	11%	1	1	1	1	1	1	1	10	10	10
7	Возможность создания заданий сотрудникам	2%	10	8	8	8	1	1	1	8	8	8
8	Возможность добавления документов	5%	10	1	10	1	1	10	1	10	10	10
9	Система управления базой данных	5%	10	10	5	10	5	10	5	10	10	10
10	Возможность добавления медиа файлов	1%	1	1	1	1	1	1	1	10	5	5
11	Встроенный почтовый клиент	7%	10	1	1	10	1	1	1	6	8	8
12	Добавление нескольких контактных лиц для 1 клиента	4%	10	1	1	1	1	10	6	10	10	10
13	Формирование произвольных отчётов	9%	8	1	10	8	1	1	6	8	8	8
Итог			6,86	3,18	5,09	4,41	2,28	4,05	3,29	9,38	8,15	8,63

Рис. 4. Многокритериальный выбор программного продукта

Но этот продукт не соответствует всем требованиям, предъявляемым к средству автоматизации процессов. Исходя из этого, было принято решение доработать этот продукт. А именно добавить:

– следующие справочники:

- график работ;

  - плей-лист;
  - список новостей;
  - передача;
  - медиа-план;
  - спонсорство;
  - расписание работы съемочной группы;
  - вежливость сотрудников;
  - рекламная видеопродукция;
  - договор на создание рекламной видеопродукции;
  - структурная сетка размещения рекламных блоков;
- следующие перечисления:
  - оценки;
  - каналы;
- следующие отчеты:
  - численность персонала отдела продаж;
  - численность производственного персонала;
  - количество видеороликов, создаваемых ежегодно;
  - среднее время формирования договора;
  - среднее время съемки и монтажа роликов;
  - уровень компетентности сотрудников;
  - количество не завершенных проектов;
  - суммарное количество эфирного времени;
  - количество нераспроданного эфирного времени.

Доработка решения производилась в конфигураторе платформы 1С: Предприятие 8.3. Был создан модуль «Телекомпания» (рис. 5), в котором и размещены основные справочники и отчеты. Для удобства работы сотрудников справочники были сгруппированы по функциональности: работа с клиентами, производство рекламной продукции и размещение продукции. Справочники, имеющие постоянную структуру, такие как телеканалы, логотип, тип видео контента были занесены в перечисления.

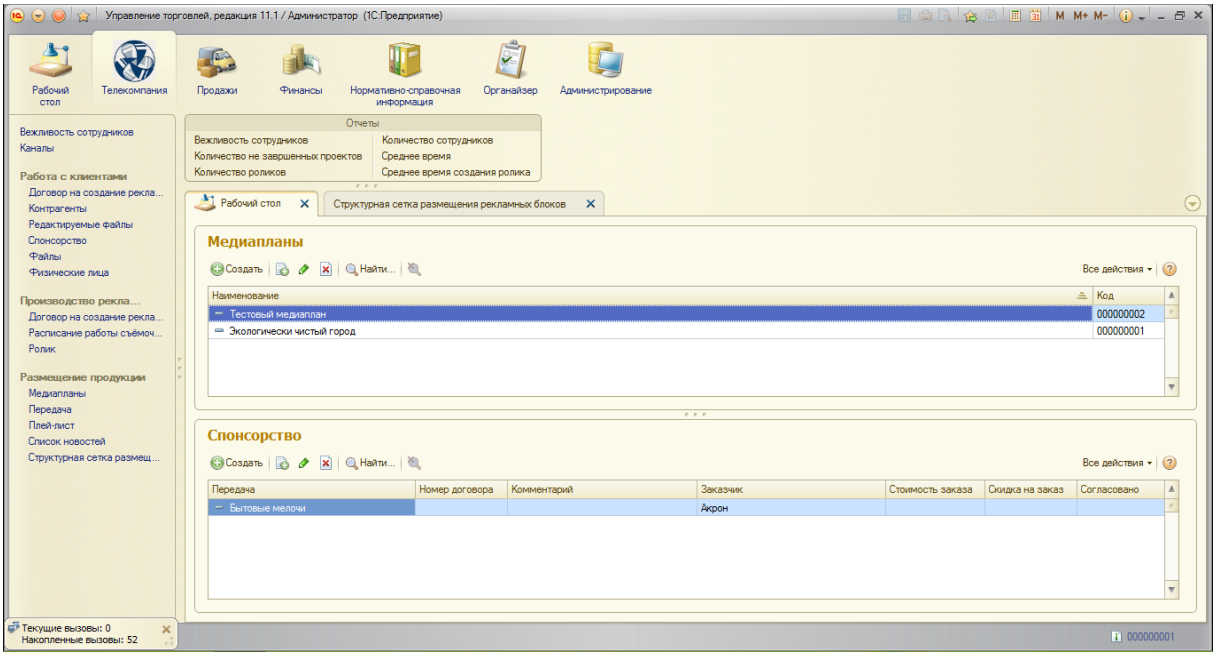


Рис. 5. Модуль «Телекомпания»

Литература

1. Кряжев Р.В., Самсонов А.Б., Лев И.А., Романова А.С. Корпоративная книга телекомпании. – М.: Галерия, 2004. – 180 с.
2. Якубова Л.А. Совершенствование механизма управления региональной телекомпанией: Автореф. дис. … к.э.н. спец. (08.00.05) / Якубова Лейла Акрамовна. – СПб, 2004. – 172 с.
3. Миллерсон Д. Телевизионное производство. – М.: ГИТР, 2004. – 567 с.
4. Литвинский К.О., Мальковская Я.В. Маркетинговые технологии на региональных телевизионных рынках России // Региональная экономика: теория и практика. – 2010. – № 20. – С. 54–61.
5. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining. – СПб: БХВ-Петербург, 2004. – 336 с.
6. Abeer Khan, Nadeem Ehsan, Ebtisam Mirza, Sheikh Zahoor Sarwar. Integration between Customer Relationship Management (CRM) and Data Warehousing // Procedia – Technology. – 2012. – № 1. – P. 239–249.
7. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15504-1-2009. Информационные технологии. Оценка процессов. – Введ. 01.07.2010. – М.: Стандартинформ, 2010. – 20 с.
8. ГОСТ Р ИСО 9004-2010. Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации. Подход на основе менеджмента качества. – Введ. 01.06.2011. – М.: Стандартинформ, 2011. – 47 с.
9. Федеральный закон от 27.07.2006 N 152-ФЗ (ред. от 23.07.2013) «О персональных данных».
10. ГОСТ 34.602-89. Техническое задание на создание автоматизированной системы. – Введ. 01.01.1990. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 12 с.

Пинкевич Василий Юрьевич
Год рождения: 1991
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6113
Направление подготовки: 230100 – Информатика и вычислительная техника
e-mail: vasiliy.pinkevich@yandex.ru

УДК 004.2+004.7+004.415

РАЗРАБОТКА СЕТЕВОГО ПРОЦЕССОРА ДЛЯ СИСТЕМЫ НА КРИСТАЛЛЕ

В.Ю. Пинкевич
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.О. Ключев

Системами на кристалле (СнК) называют интегральные микросхемы, объединяющие основную часть электронных компонентов, необходимых для создания законченного электронного устройства. Обычно СнК включают стандартные процессорные ядра, блоки памяти, специализированные блоки обработки данных или сигналов, блоки аппаратных интерфейсов, аналоговые элементы и т.п., благодаря чему позволяют эффективного организовывать вычислительный процесс с использованием преимуществ аппаратного параллелизма [1, 2].

СнК являются важным направлением в элементной базе современной вычислительной техники, поскольку позволяют обеспечивать высокую

производительность, низкое энергопотребление и малые габариты вычислительных устройств для решения широкого класса задач. В связи с этим актуальными задачами являются исследование и разработка методов проектирования различных устройств на базе СнК.

В данной работе рассмотрена проблема проектирования сетевого процессора в интегральном исполнении для вычислительной системы управления, сбора, обработки и передачи данных (далее система SCAPE). Система SCAPE выполняет задачи управления измерительным оборудованием, сбора данных с измерительных датчиков, обработки собранных данных и отправки пакетов потребителям информации. Данная система предназначена для работы в составе вычислительной сети совместно с другими узлами, с которыми ведется обмен пакетами данных и конфигурационной информации. Система SCAPE имеет модульную структуру. Одним из ее модулей является сетевой процессор. В качестве центрального вычислительного элемента каждого из модулей используется СнК, реализованная на ПЛИС.

Сетевой процессор предназначен для сопряжения вычислительного ядра системы SCAPE с вычислительной сетью, поддерживая набор соответствующих протоколов обмена. Для этого он имеет два аппаратных порта ввода–вывода – для связи с вычислительным ядром системы SCAPE и с вычислительной сетью соответственно.

Особенностями требований к разрабатываемому сетевому процессору являются:

- поддержка передачи нескольких потоков пакетов по специализированным протоколам в соответствии с ограничениями жесткого реального времени;
- поддержка обмена по многоуровневым резервированным каналам;
- возможность встраивания сетевым процессором своих диагностических пакетов в передаваемые потоки пакетов.

Потоки пакетов и поток команд от вычислительного ядра можно рассматривать единообразно как потоки заявок на обработку (рис. 1).

Целью работы являлась разработка аппаратной платформы для поддержки функциональности сетевого процессора и модель его программирования, необходимые для удовлетворения поставленным требованиям, важнейшим из которых является необходимость обеспечения жесткого реального времени.

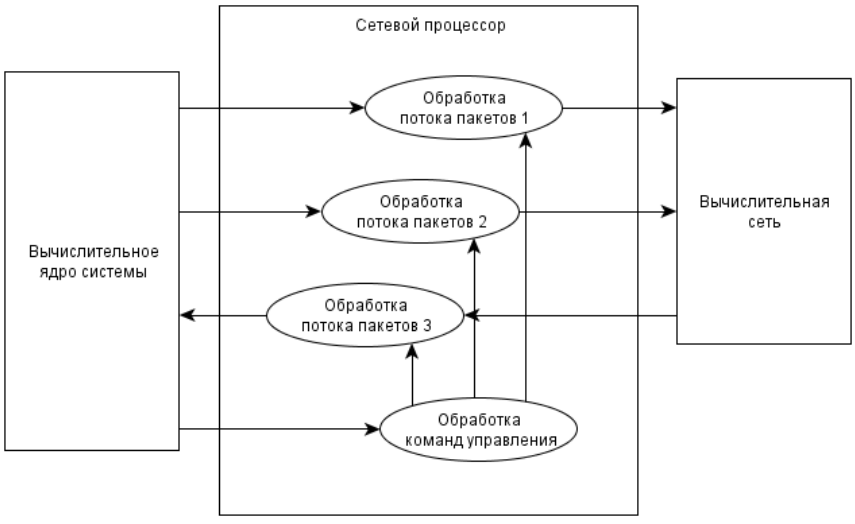


Рис. 1. Высокоуровневая модель сетевого процессора

Полный цикл разработки СнК предоставляет широкие возможности для оптимизации конечного проекта, но требует больших ресурсов и зачастую не является оправданным. Для уменьшения количества вариантов реализации нашли широкое применение архитектурные шаблоны, такие как:

1. построение СнК вокруг единственного процессорного ядра, остальные блоки при этом являются подчиненными. На процессорное ядро возлагаются в основном функции планирования работы подчиненных блоков, которые выполняют значительную часть вычислений и ввода–вывода;
2. построение СнК на базе сети вычислительных узлов, которые могут представлять собой процессоры общего назначения, специализированные процессоры, специализированные вычислительные блоки. Данный подход носит название «сеть на кристалле» – СенК (Network on Chip, NoC) [1].

Принцип программируемости широко применяется в современных СнК, поскольку накладные расходы, необходимые для его поддержки, уже не являются критическими, но при этом обеспечивается возможность модификации функциональности после изготовления, упрощается отладка и т.п.

В качестве аппаратной платформы была предложена структура с одним процессорным ядром xCore в качестве центрального управляющего элемента. К данному процессорному ядру подключаются с помощью системной шины контроллеры портов ввода–вывода (рис. 2), а также, в качестве блоков расширения, специализированные аппаратные структуры для поддержки обработки пакетов, такие как блок разбора заголовков. Процессорное ядро xCore и один из контроллеров ввода–вывода разработаны при участии автора рабочей группой, в состав которой входит автор, остальные элементы разработаны автором. Аппаратные элементы разработаны с использованием языка VerilogHDL.

Для связи сетевого процессора с вычислительным ядром автором разработан контроллер ввода–вывода канального уровня, поддерживающий асинхронное взаимодействие. Контроллер поддерживает накопление сообщений произвольной длины в нескольких буферах на приемной стороне и предназначен для использования в качестве буфера межпроцессных сообщений, предоставляя аппаратную поддержку модели вычислений «сеть процессов Кана». Контроллер самостоятельно поддерживает протокол установления соединения и обмена с противоположной стороной, освобождая от этой задачи процессорное ядро.

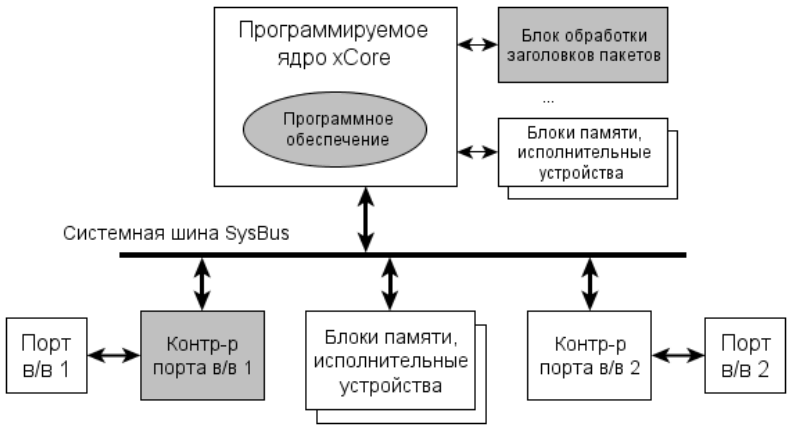


Рис. 2. Предложенная аппаратная структура сетевого процессора

Программное обеспечение (ПО) сетевого процессора реализует набор сервисов ввода–вывода (рис. 3) посредством совокупности процессов управления контроллерами ввода–вывода [3]. Для обеспечения жесткого реального времени обработки заявок была разработана модель ПО программируемого процессорного ядра, учитывающая временные параметры и организацию элементов ПО.

Данная модель основывается на следующих принципах организации ПО:

– работа в модели синхронных потоков данных;

– согласующая многозадачность;
– циклическое планирование;
– предсказуемое время работы каждого участка кода.

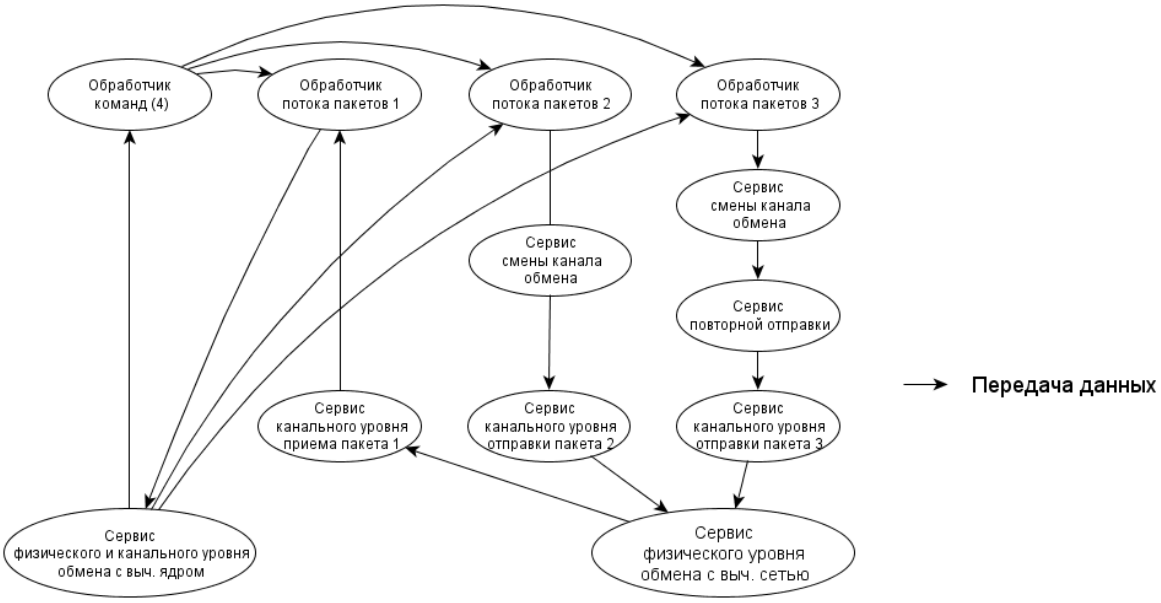


Рис. 3. Сервисы ввода–вывода сетевого процессора

Данные принципы позволяют организовать требуемую функциональность наиболее простым способом без необходимости в специальном планировщике процессов, и с минимальными накладными расходами на переключение контекста исполнения процессов. Это является важным при создании ПО в условиях ограничений аппаратуры и слабой инструментальной поддержки программирования на языке ассемблера. Работа в модели синхронных потоков данных обеспечивает фиксированные, известные на этапе разработки требования к занимаемой памяти, а также предсказуемые времена обработки заявок.

В рамках данных принципов предлагается два варианта реализации сервисов в виде процессов:

– как атомарные операции: обработка запроса за один раз;
– как конечный автомат: обработка запросов за несколько шагов с передачей управления другим процессам между исполнением шагов обработки запроса.

Разработанная на основе этих принципов модель ПО требует задания параметров для каждого из процессов, существующих при исполнении программы, и связей между ними.

Для процессов, реализованных как атомарные операции, задаются:

– время работы без учета вызываемых других атомарных процессов (функций) – $T_{\max 0}$;
– набор вызываемых атомарных процессов (функций).

Для процессов, реализованных как конечные автоматы, задается набор шагов работы $N_{\max}$, для каждого из которых определяются:

– время работы на каждом шаге – $T_{\max 0}$;
– используемые атомарные процессы;
– используемые сервисы процессов, реализованных как конечные автоматы.

Параметры процессов должны быть получены путем оценок или из метрик прототипных реализаций.

Модель обеспечивает расчет верхней границы времени ответа сетевого процессора на запрос на передачу пакета, позволяя, таким образом, обеспечить жесткое

реальное время обработки запросов при разработке ПО. Расчет производится путем суммирования времен исполнения процессов по правилам, определяемым структурой связей между процессами. Для расчета характеристик систем процессов по данной модели разработана программа на языке Python.

С помощью данной модели были рассмотрены несколько вариантов организации ПО в условиях наличия временных ограничений, представленных в таблице.

Таблица. Временные ограничения на обработку запросов различных типов

Поток запросов	Ограничение на время обработки (мс)
1	4,4
2	1,5
3	2,5
4	1,5

Рассмотрим результаты моделирования структуры сервисов передачи потока пакетов типа 3, которая является наиболее сложной.

При реализации всех сервисов как атомарных операций и в случае наличия отказов в канале передачи пакетов типа 3 невозможно обеспечить требуемое время ответа ни для одного из потоков заявок. При увеличении числа процессов, реализованных как конечные автоматы, ограничения могут быть обеспечены для всех поток пакетов кроме типа 3, что является допустимым (рис. 4).

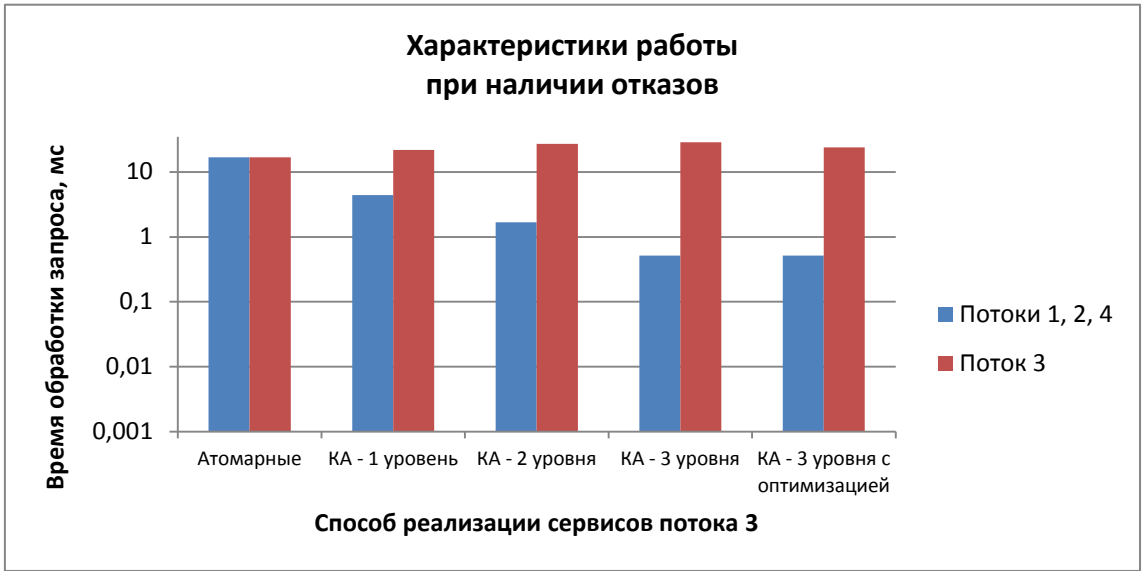


Рис. 4. Результаты моделирования ПО в условиях наличия отказов в канале передачи пакетов типа 3

При отсутствии отказов в канале передачи пакетов типа 3 реализация сервисов их обработки в виде конечных автоматов с оптимизацией способа запуска процессов стека сервисов позволяет обеспечить требуемое время обработки (рис. 5).

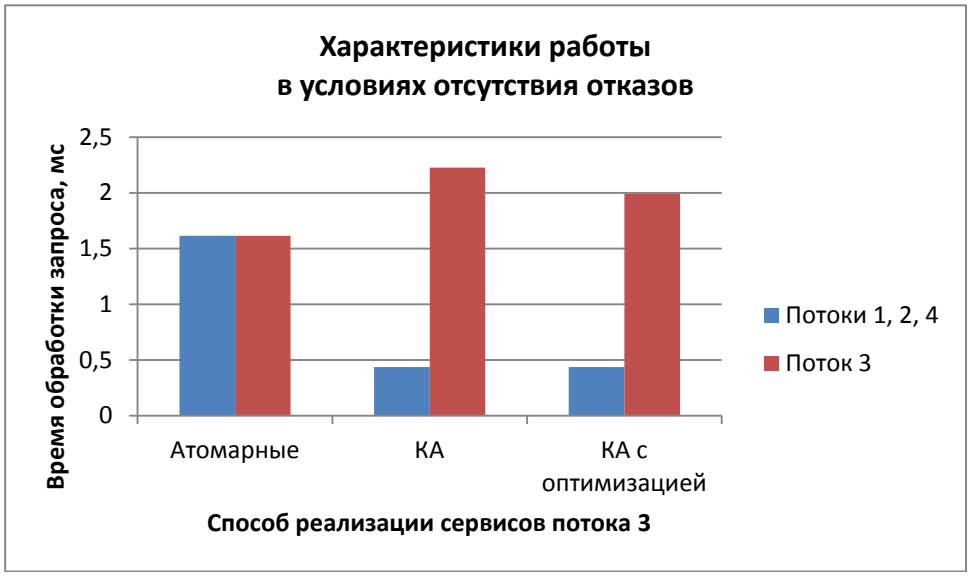


Рис. 5. Результаты моделирования ПО при отсутствии отказов в канале передачи пакетов типа 3

Таким образом, с помощью модели были выбраны способы реализации каждого из сервисов ввода–вывода сетевого процессора. Результаты показаны на рис. 6.

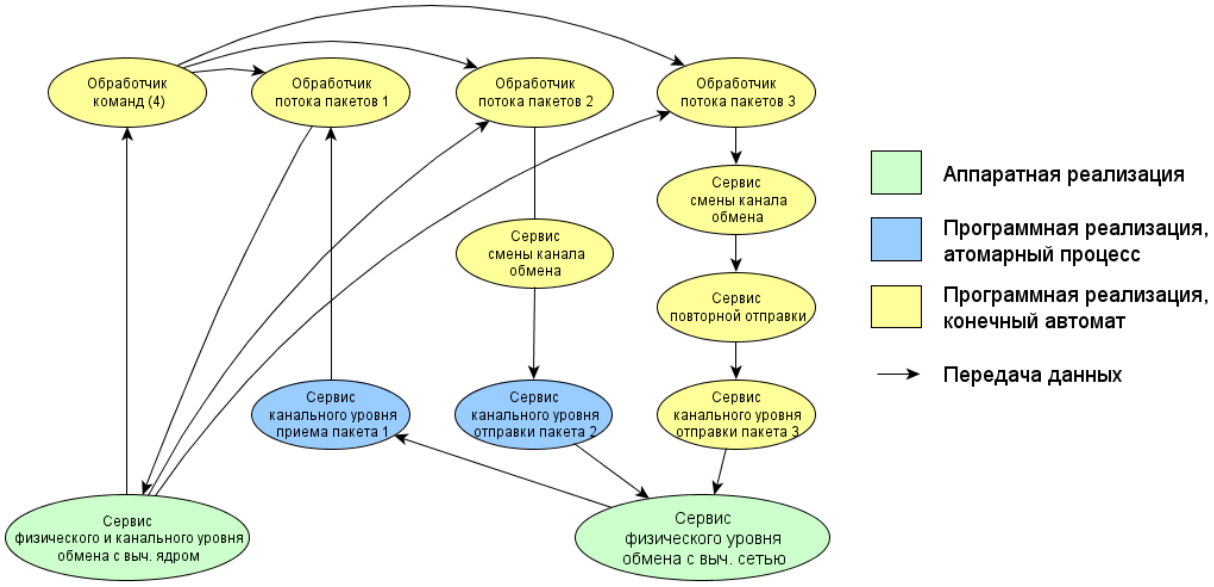


Рис. 6. Выбранные способы реализации сервисов ввода–вывода сетевого процессора

В соответствии с выбранными способами все процессы были реализованы в целевой системе и испытания показали эффективность предложенного решения.

Основные результаты работы:

1. проанализирована проблема разработки сетевого процессора для СнК, работающего в реальном времени;
2. разработана аппаратная структура сетевого процессора;
3. предложены принципы организации ПО процессорного ядра xCore;
4. разработана модель ПО реального времени для процессорного ядра;
5. реализована аппаратная платформа сетевого процессора;
6. с помощью модели ПО выбран способ отображения сервисов сетевого процессора на платформу;
7. реализовано ПО процессора и набор аппаратных блоков.

Литература

1. Martin G., Bailey B., Piziali A. ESL design and verification: a prescription for electronic system level methodology. – Morgan Kaufmann Publishers Inc. San Francisco, CA, USA 2007. – 488 p.
2. Kaeslin H. Digital Integrated Circuit Design From VLSI Architectures to CMOS Fabrication. – Cambridge University Press, 2008. – 845 p.
3. Kirsch C. Principles of real-time programming // Proc. Int. Work. Embed. Softw. – 2002. V. 2491. – P. 61–75.

Пономарев Максим Васильевич
Год рождения: 1991
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6110
Направление подготовки: 231000 – Программная инженерия
e-mail: maxim.v.ponomarev@gmail.com

УДК 004.422.8+004.428.4

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ БИБЛИОТЕК ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДОВ МОНТЕ-КАРЛО В СИСТЕМАХ АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ ТОРГОВЛИ

М.В. Пономарев
Научный руководитель – к.т.н., доцент М.С. Косяков

Одной из важнейших задач систем алгоритмической торговли, позволяющих совершать торговые операции на электронных финансовых рынках с помощью специализированных компьютерных систем, является эффективное использование методов Монте-Карло для расчета теоретических цен финансовых инструментов в условиях, приближенных к реальному времени, с учетом постоянного изменения их параметров. Примером таких финансовых инструментов могут служить опционы.

Опцион – это производный финансовый инструмент, представляющий собой контракт, согласно которому потенциальный покупатель или продавец получает право, но не обязательство, совершить покупку или продажу некоторого базового актива по заранее оговоренной цене в определенный момент в будущем [1]. Для экзотических опционов, например, опционов Азиатского типа с дискретными дивидендами, отсутствуют аналитические решения задачи ценообразования, и единственным способом вычислить их цену являются приближенные численные методы. Такими методами, например, является метод Монте-Карло прямого моделирования стохастического процесса изменения цены базового актива и его модификации, направленные на уменьшение дисперсии случайной величины [1].

Целью работы являлась разработка программных библиотек для расчета цен опционов методами Монте-Карло в системах алгоритмической торговли. Разрабатываемое решение должно работать в условиях, приближенных к условиям реального времени, что потребовало реализации различных методов понижения дисперсии случайной величины для ускорения сходимости процесса вычисления.

Архитектура библиотеки должна поддерживать расширяемость – возможность реализовывать другие модификации метода Монте-Карло, без необходимости изучать лежащие в основе библиотеки программные решения.

Разрабатываемый продукт был реализован в виде двух отдельных библиотек: собственно библиотеки методов Монте-Карло и библиотеки расчета цен опционов, использующей библиотеку Монте-Карло для решения поставленной задачи (рис. 1).

Библиотека Монте-Карло предоставляет стандартизированный интерфейс, не связанный непосредственно с задачей расчета опционов. Таким образом, библиотека является универсальной и может применяться для решения других задач систем алгоритмической торговли.

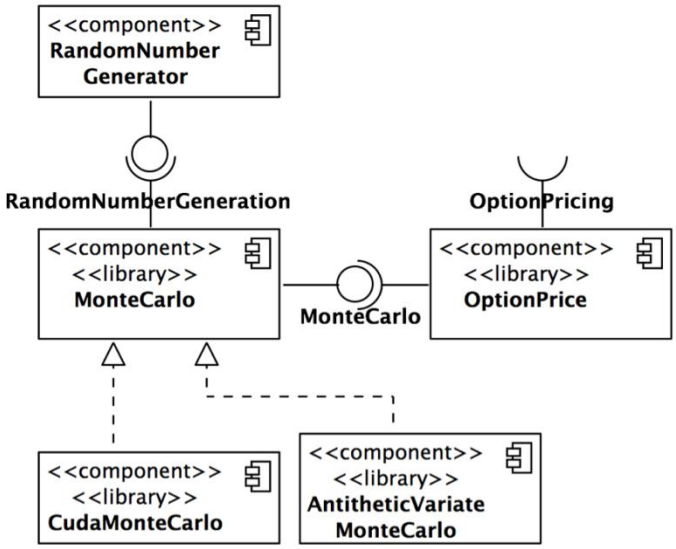


Рис. 1. Схема взаимодействия библиотек

Концептуальное разделение на две библиотеки позволяет скрыть реализацию библиотеки методов Монте-Карло и реализовать различные ее версии (например, версию для расчета на многоядерном процессоре и версию для расчета с использованием графических карт). Данный подход обеспечивает расширяемость и гибкость.

Структура классов и их взаимодействие в библиотеке Монте-Карло продиктовано математической основой методов Монте-Карло (рис. 2).

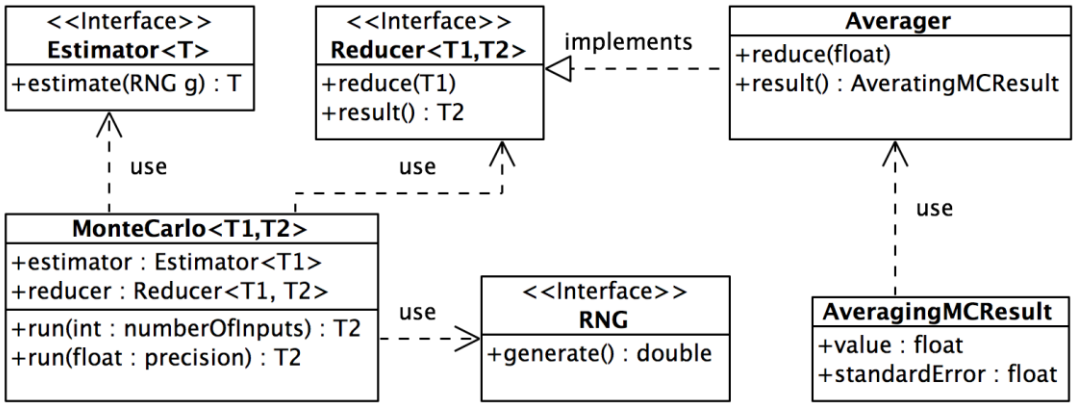


Рис. 2. Ядро библиотеки Монте-Карло

Интерфейс библиотеки предоставляет возможность вычисления с заданной точностью (но при этом не гарантируется время вычисления) или с заданным количеством испытаний (но при этом не гарантируется точность).

Заметим, что генератор случайных чисел RNG является внешним по отношению к классу MonteCarlo. Это позволяет реализовывать методы Монте-Карло с любыми распределениями и выбирать генератор, удовлетворяющий нуждам конкретной ситуации. В частности, для реализации методов квази-Монте-Карло достаточно использовать соответствующий генератор.

Для реализации программной библиотеки был выбран язык программирования C++. C++ является одним из наиболее часто используемых языков для разработки систем алгоритмической торговли, а, следовательно, создаваемая библиотека может быть с легкостью интегрирована в такие системы. В то же время C++ компилируется в машинный код, и поэтому может быть использован системами, написанными на других языках, с помощью специальных технологий (например, с помощью Java Native Interface для платформы Java). C++ хорошо подходит для написания многопоточных программ для выполнения на современных многоядерных процессорах.

Альтернативой расчета на многоядерном процессоре может быть использование технологий массово-параллельных вычислений общего назначения на графических процессорах GPGPU (General Purpose Graphical Processing Unit). Однако, как показала практика, эффективная реализация методов Монте-Карло с помощью технологий GPGPU требует определения оптимальной организации вычислительного процесса под конкретную платформу для эффективного использования различных видов памяти и увеличения загрузки мультипроцессоров. В то же время, многопоточные программы на C++ не зависят от количества ядер, доступных на платформе выполнения.

Библиотеки были реализованы для выполнения на многоядерном процессоре. В предыдущих работах рассматривались варианты реализации на массово-параллельных архитектурах GPGPU, однако они зарекомендовали себя как более сложные во внедрении.

Для ускорения расчета методами Монте-Карло использовались:

1. программно-аппаратные решения, такие как:
   - оптимизация программного кода;
   - распараллеливание процесса вычисления;
2. математические методы понижения дисперсии случайной величины для ускорения сходимости вычислительного процесса.

В языке C++ реализация полиморфизма тесно связана с понятием виртуальных функций. При использовании механизма виртуальных таблиц возникают накладные расходы, связанные с поиском указателя на нужную реализацию функции в виртуальной таблице. Обычно накладные расходы незначительны. Однако в нашем случае количество вызовов виртуальных функций очень велико (10^5–10^7), что приводит к значительному увеличению времени вычислений.

В качестве альтернативы традиционной реализации полиморфизма через виртуальные функции было решено использовать шаблоны (templates) C++ для того, чтобы явно сообщить компилятору об используемых типах.

Подобный подход позволяет улучшить производительность до 7%, по сравнению с реализацией на основе виртуальных функций, что продемонстрировано на рис. 3. Тестирование производительности осуществлялось на компьютере с процессором Intel Core i7-2600 с тактовой частотой 3,4 ГГц.

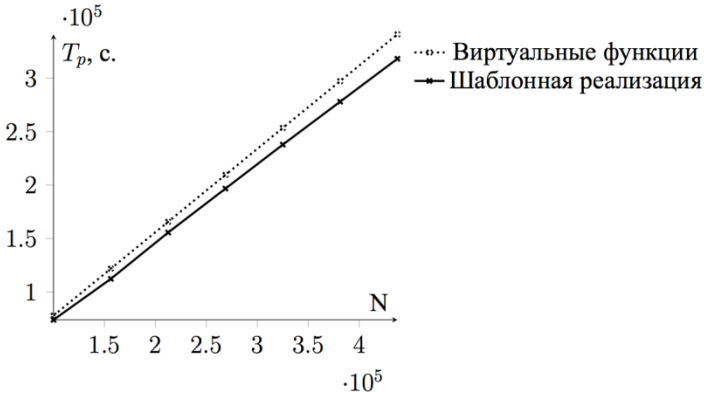


Рис. 3. Сравнение времени расчета цены Азиатского «колл»-опциона (при начальной цене базового актива S=100, цене страйк K=90, безрисковой процентной ставке r=0,05, волатильности σ=0,2, количестве точек усреднения n_t=10) при активном использовании виртуальных функций и при внедрении типов через шаблоны C++

В основе распараллеливания выполнения методов Монте-Карло лежит независимость испытаний. Каждое испытание можно выполнить в отдельном потоке.

Для реализации параллелизма была использована библиотека OpenMP. Необходимо отметить, что при реализованной в работе организации взаимодействия библиотеки Монте-Карло с библиотекой расчета цен опционов, необходимо было обеспечить поддержку многопоточного исполнения для функции Estimator.estimate() (рис. 4). Результаты экспериментов на четырехъядерном процессоре Intel Core i7-2600 с возможностью выполнения одновременно восьми потоков (технология HyperThreading) показали, что многопоточная реализация выполняется быстрее в 5,4 раза по сравнению с однопоточным исполнением.

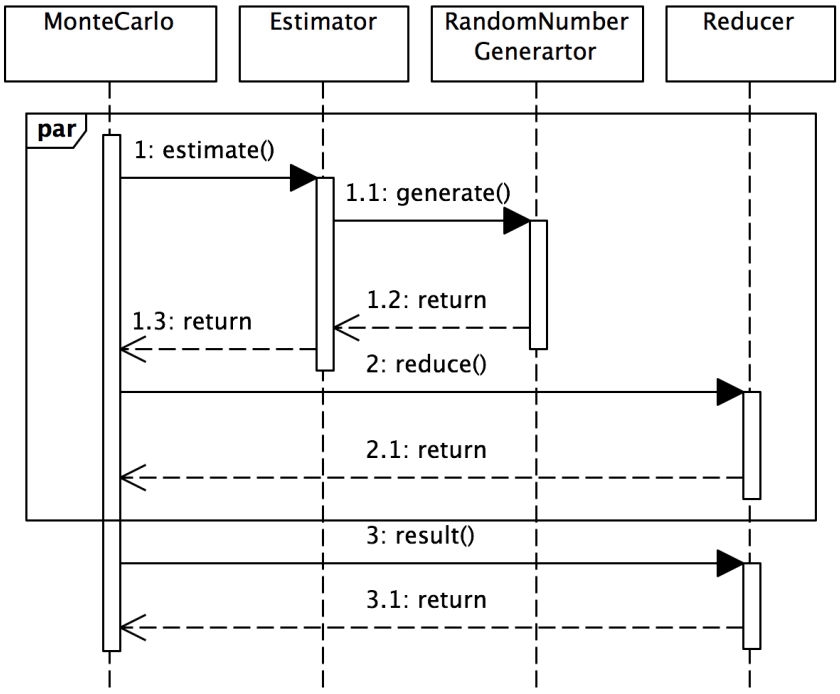


Рис. 4. Взаимодействие классов в методе Монте-Карло

Таким образом, в работе рассмотрен целый ряд особенностей реализации методов Монте-Карло: параллельная генерация псевдослучайных чисел, поддержка различных методов понижения дисперсии. Важным шагом являлось использование шаблонов C++, что позволило минимизировать накладные расходы и улучшить производительность.

На основе библиотеки для тестирования производительности с открытым исходным кодом Hayai была создана собственная версия с улучшенным сбором статистических данных. Для модульного тестирования применялись библиотеки Google C++ Testing Framework. Использовался компилятор GCC.

В результате работы была разработана программная библиотека для расчета цен экзотических опционов методами Монте-Карло. Разработанные библиотеки предназначены для использования в существующих системах алгоритмической торговли. Расчет цен опционов выполняется в условиях, приближенных к условиям реального времени.

Литература

1. Willmott P. On quantitative finance. – 2nd edition. – Wiley, 2006. – 1500 p.
2. George Marsaglia. Xorshift RNGs // Journal of Statistical Software. – 2003. – V. 8. – № 14. – P. 1–6.
3. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии OpenMP. Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2009. – 77 с.
4. Соболь И.М. Численные методы Монте-Карло. – М.: Наука, 1973. – 313 с.

Романов Никита Алексеевич
Год рождения: 1990
Факультет точной механики и технологий, кафедра технологии приборостроения, группа № 6657
Направление подготовки: 200100 – Приборостроение
e-mail: shif1000@mail.ru

УДК 004.9:678:621.833

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НЕСТАНДАРТНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Н.А. Романов
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.М. Медунецкий

В современных малогабаритных передаточных механизмах широко используют зубчатые передачи, как мелкомодульного ряда, так и малые значения крупномодульного ряда. Ранее малогабаритные, прежде всего, мелкомодульные передачи выполняли в подавляющем большинстве случаев кинематическую функцию. Однако сейчас их стали зачастую использовать как силовые, работающие в напряженных (предельных) условиях [1]. В связи с этим во многих случаях возникает необходимость повышения нагрузочной способности зубчатых передач, повышения их надежности и работоспособности. Одним из наиболее перспективных вариантов решения данной задачи является использование нестандартных зубчатых колес (НЗК), например, двухвенцовых зубчатых колес (ЗК), ЗК с несимметричными зубьями, конусно-клиновых ЗК и конусно-клиновых с торцевым упрочняющим диском [2, 3].

Отличительной чертой современного периода совершенствования и развития малогабаритных зубчатых передач является использование для изготовления ЗК пластических масс и полимерных композиционных материалов (ПКМ) [4]. Таким

образом, изготовление НЗК в связи с современными тенденциями и сложностью реализации их изготовления традиционными методами целесообразно осуществлять с помощью литья ПКМ под давлением. А, в свою очередь, предварительное компьютерное проектирование литьевой формы и моделирование условий, процесса заполнения и этапов ее работы являются необходимыми условиями получения НЗК надлежащего качества, а также снижения затрат на их изготовление. В условиях современного все более широкого внедрения систем автоматизированного проектирования данная задача носит актуальный характер.

Целью работы являлась разработка и апробация на двух разновидностях НЗК алгоритма для предварительного компьютерного моделирования и визуализации технологии изготовления НЗК из ПКМ (рисунок) с использованием систем компьютерного проектирования и инженерного анализа.

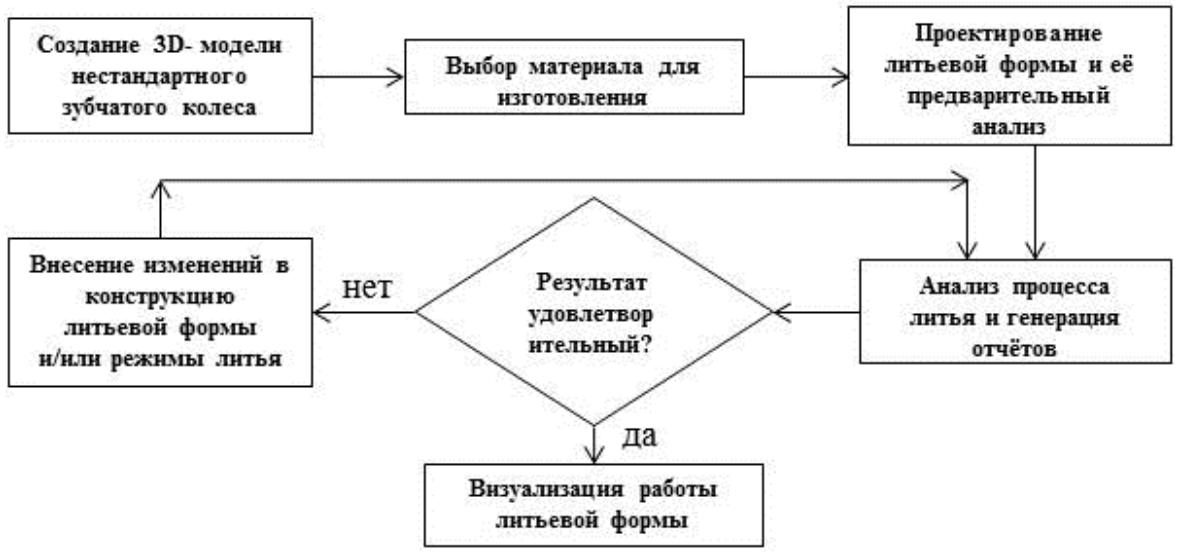


Рисунок. Алгоритм действий для предварительного компьютерного моделирования и визуализации технологии изготовления НЗК из полимерного композиционного материала

При моделировании технологии изготовлении НЗК необходимым исходным элементом является его 3D-модель. Использование функционала CAD-систем по проектирования стандартных зубчатых зацеплений позволяет упростить процесс получение этой 3D-модели. Для создания моделей НЗК наиболее привлекательным выглядит комбинированный метод, а именно, на первом шаге – создание модели-заготовки, представляющей собой цилиндрическое ЗК со стандартными параметрами в специализированной системе или программном модуле, а на втором – редактирование самого профиля зуба и других параметров вручную в CAD-системе.

В дальнейшем на основе созданной 3D-модели НЗК, импортированной в среду проектирования литьевых форм, происходит генерация матрицы и пуансона.

Большое количество компьютерных баз данных по свойствам полимерных материалов (таких как CAMPUS, IDES, PlasticsTechnology) в совокупности с базами данных материалов, встроенными в специализированные программные продукты для анализа литья полимеров (AutodeskSimulationMoldflow, Moldex3D) позволяют получить наиболее полную информацию о свойствах материала. Выбор материала осуществляется на основе фильтрации многочисленных параметров и критериев. Автоматизированный выбор может быть очень эффективным для оценок материалов на начальном этапе процедуры выбора. Для изготовления НЗК в ходе данной работы был подобран материал полиацеталь (ПОМ), а именно наполненная марка KepitalTC3010.

На основе выбранного материала и заданной конфигурации спроектированной трехплитной литьевой формы и литниковых каналов с тремя точками инжекции система инженерного анализа производит автоматический подбор наиболее подходящих режимов литья. Посредством использования возможностей систем по визуализации процессов, происходит генерация наглядных отчетов и результатов анализа литья, а также упрощенное моделирование работы литьевой формы в ходе цикла литья. Использование визуальных результатов позволяет наглядно разобраться в причинах каких-либо ошибок, а также упростить внедрение изготовления нового изделия.

В ходе работы был произведен обзор существующих на данный момент CAD-систем, позволяющих создавать модели ЗК и осуществлять проектирование литьевых форм, а также CAE-систем для моделирования и анализа литья пластмасс. В результате этого обзора была выбрана наиболее эффективная комбинация CAD и CAE-системы, подходящая для реализации поставленных задач, а именно AutodeskInventor и AutodeskSimulationMoldflow. Данные системы полностью совместимы, а также имеется возможность экономии времени за счет прямого импорта модели с литником из одной системы в другую.

В результате работы был разработан алгоритм для предварительного компьютерного моделирования и визуализации технологии изготовления НЗК из ПКМ с использованием CAD и CAE-систем. Данный алгоритм был опробован на двух разновидностях НЗК: двухвенцовом и конусно-клиновом с торцевым упрочняющим диском. По результатам реализации данного алгоритма можно сделать вывод, что данная методика универсальна и с незначительными корректировками может быть использована для всех видов НЗК. Также на основе результатов, полученных в результате проектирования литьевых форм и анализа литья, можно сделать вывод, что технология изготовления различных видов НЗК из полимерных композиционных материалов отличается незначительно. В зависимости от вида и габаритов зубчатого колеса выбираются различные плоскости разъема литьевой формы, а также подбираются наиболее оптимальные точки впрыска. Однако использование трехплитной литьевой формы и предложенной конфигурации литниковых каналов с тремя точками инжекции для всех разновидностей НЗК видится наиболее приемлемым [5]. Из полученных результатов также можно сделать выводы о возникновении перспективных задач, которые необходимо проработать в дальнейшем. Например, рассмотреть вопросы использования отводящих литников и воздуховыводящих каналов, что позволит повысить проливаемость изделия и эффективно отводить воздух для предотвращения образования воздушных пузырей на функциональных поверхностях, а также рассмотреть вопрос проектирования системы охлаждения, так как в данной работе подразумевается экспериментальное изготовление изделий без ее использования.

Литература

1. Медунецкий В.М. Обеспечение качественных показателей комбинированных цилиндрических передач. – СПб: Политехника, 2002. – 160 с.
2. Медунецкий В.М., Горбунов С.А. Вопросы изготовления малогабаритных зубчатых передач с нестандартными параметрами // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2007. – № 10(44). – С. 181–185.
3. Тимофеев Б.П., Фролов Д.А. Расчет геометрических параметров цилиндрических эвольвентных передач с несимметричными зубьями // Теория механизмов и машин. – 2005. – Вып. 2(6). – Т. 3. – С. 15–29.

4. Старжинский В.Е., Тимофеев Б.П., Шалобаев Е.В., Кудинов А.Т. Пластмассовые зубчатые колеса в механизмах приборов. Расчет и конструирование. Справочное и научное издание. – СПб; Гомель: ИММС НАН Б, 1998. – 538 с.
5. Оссвальд Т., Тунг Л.-Ш., Грэманн П.Дж. Литье пластмасс под давлением / Пер. с англ. под общ. ред. Э.Л. Калиничева. – СПб: Профессия, 2006. – 712 с.

Румянцева Екатерина Дмитриевна
Год рождения: 1990
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга,
группа № 6212
Направление подготовки: 223200 – Техническая физика
ska-kotya@mail.ru

УДК 537.9

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЕРОВСКИТОВ: КЕРАМИКИ ТИТАНАТА БАРИЯ С ПРИМЕСЬЮ МАРГАНЦА И МОНОКРИСТАЛЛА ТИТАНАТА СТРОНЦИЯ

Е.Д. Румянцева (Университет ИТМО)
Научный руководитель – к.ф.-м.н., ст.н.с. В.Г. Залесский
(Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН)

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы.

Исследование твердых растворов сегнетоэлектриков–перовскитов на основе титаната бария (ВТ): $BaTiO_3$-ABO_3 (где A = Ba, Ca, Sr, Mn и B = Ti, Zr, Sn, Mn) вызывает интерес с прикладной точки зрения в связи с возможностью синтеза материалов с заданными электрическими, оптическими и др. физическими свойствами. Для характеристики нового твердого раствора необходимо получение фазовой диаграммы (T–x), где T – температура фазового перехода (в дальнейшем-ФП); x – концентрация второго компонента. Твердый раствор $BaTi_{(1-x)}Mn_xO_3$ привлек к себе внимание, как потенциальный мультиферроик и релаксор [1, 2]. Фазовая диаграмма ВТ, допированного ионами Mn определена недостаточно четко, так как получение образцов сопровождается неконтролируемыми физико-химическими процессами. Также остается вопрос о локализации ионов Mn в A или B – позиции и влиянии этой локализации на параметры сегнетоэлектрических переходов.

Прямой флексоэлектрический эффект (ФЭ) исследован во многих перовскитах [3]. Несмотря на сравнительную малость ФЭ, наблюдаемого в кристаллах макроскопического размера, в объектах микронного и субмикронного масштаба этот эффект становится существенным, внося заметный вклад в деформацию и величину поляризации. Обратный ФЭ обнаружен только в ВТ [3]. Для исследования обратного ФЭ $SrTiO_3$ (ST) представляет особый интерес, поскольку обладает достаточно большой величиной диэлектрической проницаемости (ε~300 при 300 К) и является неполярным материалом, что позволяет свести к минимуму влияние пьезоэффекта при изучении взаимодействия градиентов деформации и поляризации.

В работе были поставлены следующие задачи:

1. синтезировать твердые растворы $Ba_{(1-x)}Mn_xTiO_3$ и $BaTi_{(1-x)}Mn_xO_3$ с концентрацией x>0,01, попытаться изучить диэлектрические свойства, построить фазовые диаграммы (T–x) и выяснить есть ли признаки релаксорного поведения при A и B-замещении в твердом растворе на основе BT;
2. провести температурное исследование обратного ФЭ в ST и показать его связь с параметрами ФП.

Были проведены температурные исследования диэлектрической проницаемости керамики $Ba_{(1-x)}Mn_xTiO_3$ и $BaTi_{(1-x)}Mn_xO_3$ с концентрацией x=0,01, 0,03, 0,1, найдено соответствие экспериментальных кривых закону Кюри–Вейсса, по которым определялись термодинамические параметры ФП: константа Кюри–Вейсса и температура Кюри. В соответствии с полученными результатами получена фазовая диаграмма (T–x) или зависимость температур ФП от концентраций Mn, представленная на рис. 1, как для A, так и для B-позиции.

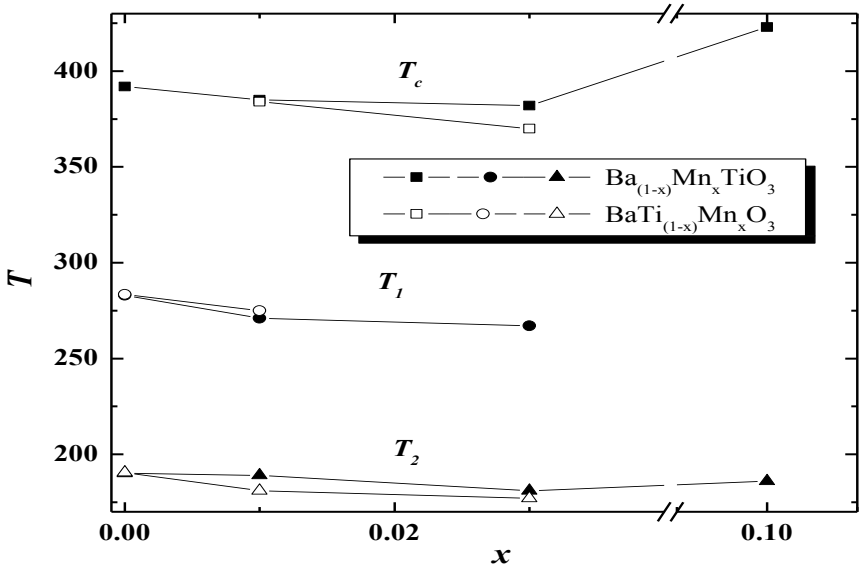


Рис. 1. Фазовая диаграмма T–x (зависимость температур фазовых переходов от концентрации ионов Mn) для $Ba_{(1-x)}MnTi_xO_3$ и $BaTi_{(1-x)}Mn_xO_3$. Температуры T_c, T_1 и T_2 соответствуют температурам фазовых переходов титаната бария

Проведены измерения обратного ФЭ. Получена нечетная зависимость кривизны изгиба кристалла ST от величины внешнего поля. Показано, что деформация кристаллов начинается с порогового поля, которое оказалось одинаковым для трех образцов разных толщин. При увеличении величины поля выше порогового значения наблюдается возрастание деформации с примерно одинаковым темпом для всех толщин. Измерения на более тонком образце показали, что в поле 50 кВ/см деформация мало зависит от поля и эффект быстро выходит в насыщение. На рис. 2 показаны температурные зависимости кривизны изгиба кристалла ST и диэлектрической проницаемости. Видно, что обе температурные зависимости ФЭ и диэлектрической проницаемости соответствуют функции Кюри–Вейсса. Также заметны аномалии в районе структурного ФП 105–130 К.

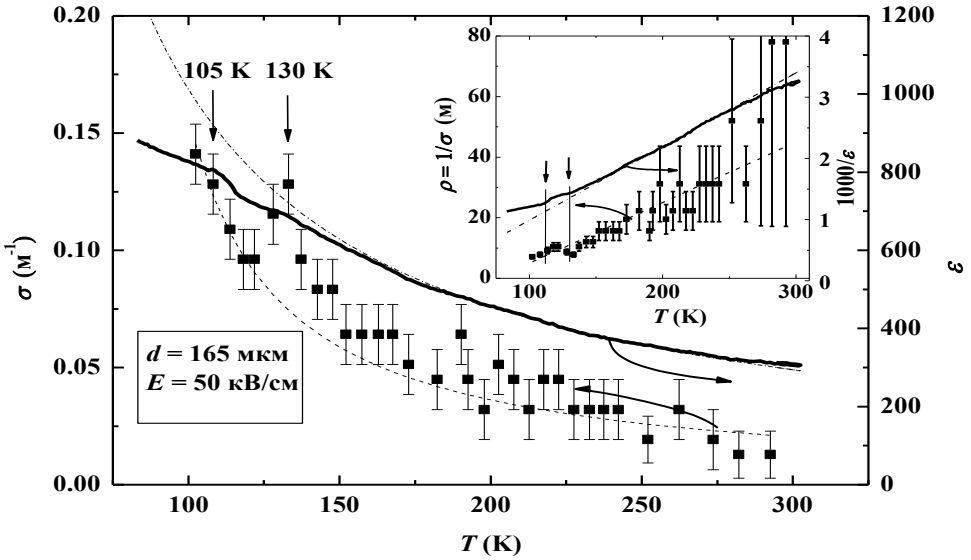


Рис. 2. Температурные зависимости деформации изгиба σ(*T*) и диэлектрической проницаемости ε(*T*) для кристалла ST. На врезке – зависимости радиуса кривизны изгиба ρ(*T*) и обратной величины диэлектрической проницаемости 1/ε(*T*)

Измерены температурные зависимости для диэлектрических спектров керамики $Ba_{(1-x)}Mn_xTiO_3$ и $BaTi_{(1-x)}Mn_xO_3$ при x=0,01, 0,03, 0,1. Согласно полученным зависимостям построены фазовые диаграммы и вычислены термодинамические параметры ФП (постоянные Кюри–Вейсса и температуры Кюри–Вейсса). А также получены температурные зависимости обратного ФЭ эффекта в монокристалле ST и показана связь этой зависимости с соотношением Кюри–Вейсса.

Литература

1. Смоленский Г.А., Боков В.А., Исупов В.А., Крайник Н.Н., Пасынков Р.Е., Шур М.С. Сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики. – М.: Наука, 1971. – 476 с.
2. Wanga S.F., Hsu Y.C., Chu J.P., Wu Cheng-Hui. Hexagonal ceramics: Microstructural evolution and microwave dielectric properties // Appl. Phys. Lett. – 2006. – V. 88. – P. 042909 1–3.
3. Zubko P., Catalan G. and Tagantsev. A. Flexoelectric Effect in Solids // Annual Review of Materials Research. – 2013. – V. 43. – P. 387–421.

Саввин Дмитрий Павлович
Год рождения: 1990
Гуманитарный факультет, кафедра прикладной экономики и маркетинга, группа № 6074
Направление подготовки: 080500 – Бизнес-информатика
e-mail: sabban@yandex.ru

УДК 338.242.2

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВНЕДРЕНИЯ БИЗНЕС-АНАЛИТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Д.П. Саввин
Научный руководитель – д.э.н., доцент П.В. Бураков

Принятие верных управленческих решений, несомненно, является наиболее важным аспектом в рамках деятельности организации. Эффективные решения позволяют организациям быстрее достигать поставленных целей. Однако в современном мире постоянно растущий объем корпоративных данных создает сложности в работе той или иной организации, сказываясь, в частности, на процессе принятия управленческих решений.

Эффективным инструментом для консолидации и анализа разрозненных данных на предприятии являются системы бизнес-аналитики (Business Intelligence, BI). Системы бизнес-аналитики являются тем классом информационных систем, который позволяет превратить данные корпоративных информационных систем и данные из внешних источников, в полезные для бизнеса информацию и знания, на основе которых можно принимать решения.

Актуальность исследования в рамках данной работы заключается в анализе рынка платформ BI и необходимости разработки рекомендаций по внедрению бизнес-аналитических решений. Предприятия, заинтересованные во внедрении платформы BI, сталкиваются с двумя очевидными проблемами. Первая – это необходимость объективно оценить сильные и слабые стороны существующих бизнес-аналитических платформ. Данная проблематика является предметом исследования крупных консалтинговых компаний, специализирующихся в сфере информационных технологий (ИТ). Вторая проблема – это поиск партнера вендора, который будет разрабатывать решение на выбранной BI-платформе.

Цель исследования – разработка методического подхода, который будет отвечать задачам, стоящим перед предприятиями при выборе и внедрении бизнес-аналитической платформы. Основным требованием к методическому подходу является подробный анализ существующих на рынке BI-платформ, а также рекомендации по определению подходящей предприятию BI-платформы.

Научная новизна исследования заключается в том, что впервые предпринята попытка применения методического подхода к выбору и внедрению бизнес-аналитической платформы, основанного на анализе потребностей организаций и существующих методик оценки рынка BI.

Практическая значимость данной работы состоит в том, что разработанный методический подход может быть использован организациями при выборе и внедрении бизнес-аналитической платформы соответственно своим требованиям и совокупности

используемых информационных систем для достижения наиболее эффективного результата.

Анализ результатов, полученных в ходе апробации разработанного методического подхода на проекте внедрения бизнес-аналитической системы в компании «Родник Здоровья», позволяет сделать вывод о безусловной эффективности его использования с целью внедрения наиболее подходящей предприятию BI-платформы.

Внедрение системы BI является сложным и многогранным процессом, длительность и успешность которого напрямую зависят от выбранной BI-платформы. Проект по внедрению бизнес-аналитической системы (как и любой другой проект по внедрению информационной системы) характеризуется определенными временными рамками и ограниченными ресурсами для обеспечения функционирования выбранной BI-платформы в целях поддержки принятия управленческих решений.

В целом процесс внедрения бизнес-аналитической платформы можно разделить на три основных этапа: подготовка, выбор и разработка. Ошибки, совершенные на одном из этапов могут оказать негативное влияние на последующие этапы внедрения, либо на период эксплуатации системы. Исходя из этого, организациям необходимо взвешенно и ответственно подходить к реализации каждого из этапов.

По итогам проведенного в рамках данной работы исследования рынка BI был разработан методический подход к выбору бизнес-аналитических решений. Итоговая работа носит рекомендательный характер и позволяет предприятиям выбрать подходящую BI-платформу (рисунок).

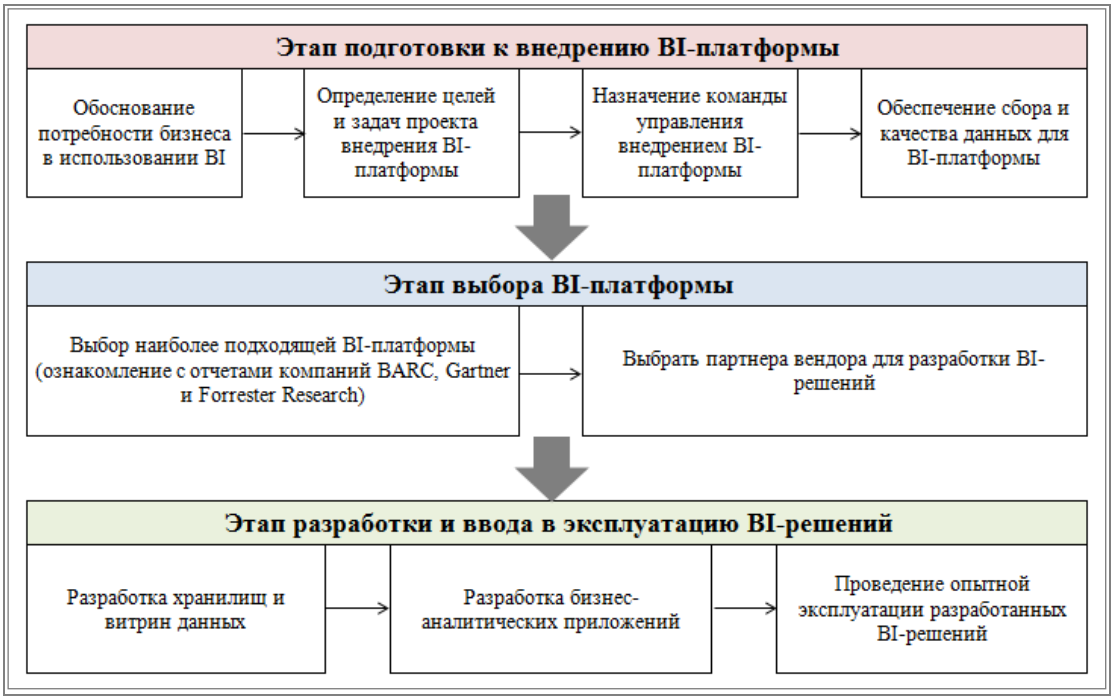


Рисунок. Общая схема разработанного методического подхода внедрения бизнес-аналитических решений

Этап подготовки к внедрению BI-платформы. По мнению аналитиков Technology Evaluation Centers (TEC), лишь около 30% проектов внедрения BI-систем оказываются успешными. Основной проблемой внедрения является не выход проекта за рамки бюджета или отведенных временных границ, а несовпадение результатов с ожиданиями.

В связи с этим, чтобы успешно реализовать внедрение BI-системы на этапе подготовки, необходимо сфокусироваться на решении следующих задач:

1. обосновать потребности бизнеса в использовании BI. Прежде всего, руководству предприятия необходимо четко определить, какие именно выгоды принесет внедрение системы BI. Чаще всего предпосылками внедрения BI-платформы являются рост конкуренции или увеличение масштабов бизнеса.

Инициатива внедрения системы бизнес-аналитики всегда должна исходить от бизнес-пользователей, а не навязываться ИТ-департаментом. При этом предприятие не должно слепо копировать ИТ-деятельность конкурентов и общие тенденции на рынке, а постепенно прийти к пониманию необходимости гибких инструментов отчетности и анализа. В противном случае велика вероятность того, что BI-система подменит собой решение абсолютно других задач, таких как, например, оптимизация бизнес-процессов;

2. определить цели и задачи проекта внедрения BI-платформы. Следующим шагом после обоснования потребности бизнеса в использовании BI-инструмента является постановка целей и задач проекта внедрения BI. Глубокая проработка целей и задач поможет предприятию выбрать наиболее подходящую и эффективную BI-платформу.

На этом этапе предприятию, прежде всего, стоит сфокусироваться на стратегических целях компании. Предполагаемое увеличение масштабов бизнеса или его диверсификация должны быть учтены при внедрении BI-платформы. Также необходимо строго определить состав пользователей, заинтересованных в использовании возможностей бизнес-аналитики. Распространена практика, когда к первоначальному количеству бизнес-пользователей (10–20 сотрудников) впоследствии добавляются десятки других, что может негативно сказаться на производительности и быстродействии BI-системы.

Еще одним важным аспектом подготовки на этом этапе является оценка эффективности BI-системы. Это достаточно сложная задача, не имеющая на данный момент стандартных методологий. Здесь важно заметить, что просчитать возврат инвестиций в BI-платформу чаще всего возможно только в долгосрочной перспективе;

3. Назначение команды управления внедрением BI-платформы. Определив цели и задачи внедрения BI-платформы, предприятию следует назначить ответственных лиц, которые будут составлять команду управления BI-проекта. Значимую роль в успехе BI-проекта играет высший менеджмент предприятия. Очень важно, чтобы руководители компании непосредственно принимали участие проекте, обеспечивая его необходимыми ресурсами.

Также особенностью систем бизнес-аналитики является то, что для их внедрения необходимы информационные ресурсы из различных, зачастую несвязанных, подразделений организации. Соответственно каждое подразделение должно делегировать ответственного сотрудника (обычно это глава отдела), который будет взаимодействовать с разработчиками BI-решения;

4. Обеспечение сбора и качества данных для BI-платформы. Заключительной задачей в рамках этапа подготовки к внедрению бизнес-аналитической платформы является обеспечение сбора и качества данных, предназначенных для анализа. Предельно четко должно быть ясно, какие данные будут задействованы для анализа сейчас и в дальнейшем, как часто они будут синхронизироваться с существующими учетными системами, а также степень их детализации и очистки.

Задача подготовки данных для бизнес-аналитической системы, несомненно, является комплексной, требующей участия как сотрудников подразделений, поставляющих исходные данные (или ИТ-департамента), так и разработчиков BI-решения. Существует определенное мнение, что сбор и качество данных должны полностью быть в компетенции BI-платформы, имеющей в своем арсенале мощные инструменты преобразования и контроля. Однако такого подхода не всегда бывает

достаточно, и в таких случаях для сбора и очистки данных необходимы специализированные инструменты, внедрение которых выливается в отдельный проект.

Этап выбора BI-платформы. На сегодняшний день рынок бизнес-аналитики предлагает множество платформ, различающихся своей архитектурой, технологиями, функциональными возможностями и стоимостью внедрения. Многие предприятия, планируя внедрение системы BI, проводят полную оценку представленных на рынке инструментов.

Однако так поступают далеко не все. Чаще всего полноценный анализ BI-рынка является затратным и требующим большого количества времени. Именно поэтому некоторые предприятия пропускают данную фазу внедрения BI-системы, не задумываясь о возможных негативных последствиях.

Также, в случае если предприятие готовится внедрять BI-платформу не своими силами, а привлекая различные консалтинговые компании, то необходимо оценить рынок партнеров-вендоров. В целом, рынок разработчиков решений на BI-платформах достаточно разнороден. В России практически все BI-разработчики находятся в Москве и Санкт-Петербурге.

Исходя из вышеуказанных положений, этап выбора бизнес-аналитической платформы состоит из решения следующих задач.

1. Выбор наиболее подходящей BI-платформы. Для выбора действительно наиболее подходящей BI-платформы, предприятию необходимо объективно оценить сильные и слабые стороны существующих бизнес-аналитических инструментов. Данная область является предметом исследования крупных консалтинговых компаний, специализирующихся в сфере ИТ. Логичным шагом при выборе BI-платформы является исследование отчетов, которые публикуют эти компании.

Свою систему критериев оценки BI-платформ предлагает известное независимое аналитическое агентство BARC (Business Application Research Center). BARC на основе регулярных опросов компаний, которые используют в своей деятельности бизнес-аналитические инструменты, ежегодно выпускает отчет о BI-рынке, а также отчет по каждому значимому BI-вендору.

Каждый критерий в системе BARC классифицируется по двум направлениям: первый столбец распределяет критерии по значимости того, в каком порядке предприятия должны их учитывать при внедрении BI-платформы, а второй столбец ранжирует их по тому, как организации в действительности оценивают предложенные на рынке BI-системы (таблица).

Таблица. Основные критерии выбора BI-платформы по версии компании BARC (2010 г.)

Критерий	Как предприятия должны выбирать	Как предприятия выбирают
Высокая производительность	1	4
Положительная пробная эксплуатация продукта	2	6
Простота использования для разработчиков	3	7
Простота использования для пользователей	4	2
Диапазон поддерживаемых серверных платформ	5	18
Функциональные особенности	6	1
Обработка больших объемов данных	7	11
Веб-архитектура	8	15
Доступность местного сопровождения	9	13

Критерий	Как предприятия должны выбирать	Как предприятия выбирают
Пользовательская масштабируемость	10	9
Низкая цена	11	5
Интеграция с используемыми системами	12	3
Репутация вендора	13	16
Положительная деятельность вендора в области продаж	14	17
Репутация продукта	15	12
Комплектация с другим продуктом	16	10
Корпоративные стандарты	17	8
Прочее	18	14

Данное исследование показывает, что предприятия, прежде всего, фокусируют свое внимание на функциональных особенностях BI-платформ, простоте использования для пользователей и на возможностях интеграции с используемыми корпоративными системами. Однако согласно оценке BARC на первые роли при внедрении BI-платформы должны выйти производительность, положительная пробная эксплуатация продукта и простота использования для разработчиков.

Также, в качестве дополнения к системе критериев выбора BI-платформы от компании BARC, предприятия могут обратить свое внимания на регулярные исследования таких известных аналитических компаний как Gartner и Forrester Research.

2. Выбор партнера вендора для разработки решения на выбранной BI-платформе. Как уже было указано выше, рынок разработчиков решений на BI-платформах достаточно разнороден: от небольших компаний до крупных интеграторов. Помимо различий в стоимости и сроках реализации проекта, компании разработчики предоставляют разные возможности, от которых зависит успешность внедрения BI-решения.

Возможности разработчика BI-решения, на которых, прежде всего, стоит сфокусироваться предприятию:

- методологическое обеспечение – наличие у компании-разработчика отработанной методологии внедрения BI-платформы. К данному пункту относятся: ведение отчетности в рамках проекта, уровень технического оснащения, готовые «коробочные» решения;
- методическое обеспечение – предоставление предприятиям подробной документации к разработанному решению. Примерами документации могут служить: инструкция для бизнес-пользователей, инструкция для ИТ-администратора и т.д.;
- уровень компетенции консультантов-разработчиков – уровень квалификации сотрудников компании-разработчика. К данному пункту можно отнести наличие у консультантов-разработчиков сертификатов от вендора, а также большой опыт разработки и внедрения аналогичных BI-проектов;
- сопровождение разработанного решения – предоставление консультаций по работе с решением, его обслуживание и техническая поддержка. Далеко не все компании-разработчики готовы на постоянной основе сопровождать BI-платформы, поскольку это требует серьезных затрат на персонал;
- обучение пользователей – проведение специальных тренингов для сотрудников предприятия. В этот пункт входит как обучение бизнес-пользователей функционалу BI-платформы, так и обучение сотрудников ИТ-отдела предприятия ежедневному администрированию системы.

Этап разработки и ввода в эксплуатацию BI-решений. Заключительным этапом работы по внедрению BI-платформы являлась разработка бизнес-аналитических решений и их внедрение непосредственно в информационную инфраструктуру предприятия. Крупные бизнес-аналитические платформы внедряются по отработанным методологиям, разработанным ведущими производителями BI-платформ (например, Microsoft OnTarget, Oracle Method или ASAP).

Также свои методологические подходы могут предоставить компании-разработчики, которые чаще всего на основе своего опыта создают так называемые «коробочные» решения, являющиеся готовыми вариантами BI-приложений.

Для предприятий основными результатами использования методологии внедрения BI-платформы являются:

- создание BI-решений, которые наиболее полно соответствуют поставленным требованиям;
- максимально эффективное использование ресурсов проекта;
- минимизация сроков и затрат на внедрение;
- уменьшение рисков проекта.

На данном этапе решаются следующие задачи.

1. Разработка хранилищ и витрин данных. Построение хранилищ и витрин данных является основополагающей задачей на этапе разработки BI-решений. Хранилища данных должны обеспечивать необходимую глубину анализа, т.е. иметь то количество измерений и показателей, которые предоставят организации, возможность наиболее эффективно решать поставленные на первом этапе внедрения аналитические задачи.

Данные в хранилищах должны отвечать требованиям целостности и надежности независимо от того из какого источника они были извлечены. Правильно спроектированные хранилища данных позволят предприятию с наименьшими затратами дорабатывать разработанные BI-решения, добавляя необходимые бизнес-пользователям аналитики и отчеты.

2. Разработка бизнес-аналитических приложений. После разработки хранилищ данных необходимо спроектировать визуализацию BI-решений. На данном этапе разработчикам BI-решений требуется проводить консультации с бизнес-пользователями, выясняя, какие именно типы объектов визуализации (таблицы, диаграммы) и в каких разрезах им необходимы. Чаще всего в оформлении BI-решений используют корпоративные цвета и символику организации.

Также в рамках разработки бизнес-аналитических приложений устанавливаются права доступа пользователей к приложениям и определяется регламент их обновлений для загрузки актуальных данных.

3. Проведение опытной эксплуатации разработанных BI-решений. В рамках опытной эксплуатации разработанных BI-решений компания-разработчик собирает обратную связь от бизнес-пользователей для внесения корректировок и исправления ошибок в BI-приложениях. Данный этап является заключительным этапом внедрения бизнес-аналитических решений, после чего предприятие начинает полноценно эксплуатировать разработанные аналитические приложения.

Литература

1. Бураков П. Бизнес-аналитика. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 238 с.
2. Паклин Н., Орешков В. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям. Учебное пособие. – СПб: Питер, 2013. – 706 с.
3. Sabherwal R., Beccera-Fernandez I. Business Intelligence. – Wiley, 2011. – 295 p.

4. Evelson B. The Forrester Wave: Enterprise Business Intelligence Platforms, Q4 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sas.com/news/analysts/the-forrester-wave-enterprise-business-intelligence-platforms-q4-2013.pdf, своб.
5. Parenteau J., Sallam L.R., Yuen D., Tapadinhas J., Hostmann B. Magic Quadrant for Business Intelligence and Analytics Platforms 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gartner.com/technology/reprints.do?id=1-1QLGACN&ct=140210&st=sb, своб.

Саврасов Александр Николаевич
Год рождения: 1990
Факультет точной механики и технологии,
кафедра мехатроники, группа № 6672
Направление подготовки: 221000 – Мехатроника и робототехника
e-mail: savrsan@gmail.com

УДК 621.01; 62-531.4

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ЗЕРКАЛА РЕЗОНАТОРА ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ЛАЗЕРА

А.Н. Саврасов
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.В. Биндюк

Одна из особенностей твердотельных лазеров заключается в наличии термооптических эффектов внутри активного элемента, связанных с тем, что значительная часть энергии накачки выделяется внутри активного элемента в виде тепла, что приводит к его неравномерному нагреву. С этим нагревом связаны значительные искажения оптической оси. При высокой однородности активной среды, эти искажения являются основным источником аберраций резонатора и оказывают наибольшее влияние на характеристики генерируемого излучения [1]. В связи с этим представляется важным анализ и компенсация термооптических искажений в активном элементе лазера. Наиболее эффективным способом решения этой задачи, является применение различных компенсирующих устройств [2].

Целью работы являлась разработка модели управления движением зеркала оптического резонатора твердотельного лазера для компенсации термооптических искажений первого порядка.

В рамках работы рассмотрена компенсация температурных искажений в активном элементе твердотельного лазера за счет углового перемещения непрозрачного зеркала. Для выполнения этой задачи были разработаны три варианта моделей управления движением непрозрачного зеркала, произведена оценка точности функционирования, и сделан выбор наиболее приемлемой модели. Для управления движением зеркала оптического резонатора предлагаются следующие модели:

- модель управления движением зеркала на основе дифференциального винтового механизма с червячной ступенью;
- модель управления движением зеркала с дифференциальным винтовым механизмом на упругом интерфейсе;
- модель управления движением зеркала с использованием тангенсного механизма.

Предлагаемые модели служат для компенсации термооптических искажений, вызванных клиновыми деформациями активного элемента.

Структурная схема предложенных вариантов моделей представлена на рис. 1. Оценка величины погрешности разработанных моделей производилась по работе [3].

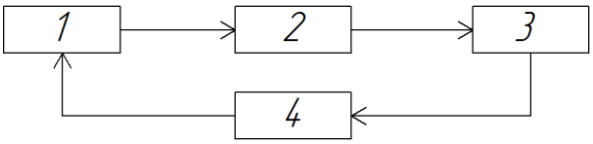


Рис. 1. Общая структурная схема: 1 – модель управления движением зеркала; 2 – приемник излучения; 3 – устройство обработки сигнала; 4 – электродвигатель

В состав схемы входят структурные звенья, содержащие кинематические, электрические и оптические цепи. Применение структурного метода исследования точности устройства дает возможность выявить роль каждого преобразующего звена в формировании общей погрешности устройства. Для проведения сравнительного анализа разработанных моделей управления определим значение погрешности первого звена, исходя из анализа его физической схемы. Анализ остальных звеньев возможен в дальнейшем при создании реального прототипа.

Функциональная и основная погрешности в линейном приближении:

$$\Delta\alpha_{\Phi} = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{d\alpha}{dq_i}\right)_0 \Delta q_i\,;\ \eta_p = \frac{\Delta\alpha_{\Phi}}{\alpha},$$

где $\Delta q_i = q_i - q_0$ – первичная погрешность параметра q_i; η_p – основная погрешность звена; α – величина интервала углового перемещения каждой из разработанных моделей. Нулевой индекс у частной производной обозначает, что частная производная 'вычисляется для номинального значения параметра.

Основные параметры разработанных моделей приведены в таблице.

Таблица. Параметры разработанных моделей

Сравнение параметров разработанных моделей управления			
Тип механизма	Шаг	Интервал	Погрешность
Дифференциальный винтовой механизм с червячной ступенью	5"	3^o	3%
Дифференциальный винтовой механизм перемещения зеркала на упругом интерфейсе	3"	2^o	0,2%

Модель управления зеркалом с использованием тангенсного механизма была исключена из рассмотрения из-за переменного передаточного отношения [4].

Предполагается, что лучшей моделью механизма для компенсации термооптических искажений является модель с дифференциальным винтовым механизмом перемещения зеркала на упругом интерфейсе (рис. 2). Линейное и угловое перемещение зеркала резонатора 1 варьируется угловым поворотом звена 5 от привода следящей системы, который вызывает линейное перемещение ползуна 3 дифференциального винтового передаточного механизма, шарнирно соединенного с упругим интерфейсом 2.

При сравнительно одних и тех же значениях дискретности шага, эта модель обладает более высокой точностью функционирования, чем модель с червячной парой. Она позволяет одновременно варьировать как угловое, так и линейное положение зеркала относительно оси лазерного излучения.

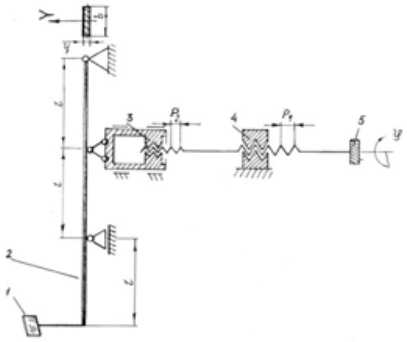


Рис. 2. Модель управления с дифференциальным винтовым механизмом на упругом интерфейсе: 1 – зеркало; 2 – балка; 3 – ползун с гайкой; 4 – резьбовой кронштейн; 5 – винт

Основным результатом работы являлась разработка модели управления зеркалом оптического резонатора твердотельного лазера. Разработанная модель позволяет компенсировать термооптические искажения, вызванные клиновыми деформациями в широком диапазоне значений. Применение данной модели на практике позволит оптимизировать параметры работы лазера, что приведет к повышению его эффективности.

Литература

1. Weber R., Neuenschwander B. Thermal effects in solid-state laser materials // Optical Materials. – 1999. – V. 3. – P. 245–254.
2. Ермолаева Е.В., Зверев В.А., Филатов А.А. Адаптивная оптика. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 297 с.
3. Браславский Д.А., Петров В.В. Точность измерительных устройств. – М.: Машиностроение, 1976. – 306 с.
4. Первицкий Ю.Д. Расчет и конструирование точных механизмов. Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., доп. – Л.: Машиностроение, 1976. – 456 с.

Савчук Владимир Вадимович
Год рождения: 1989
Институт комплексного военного образования,
кафедра Инновационных технологий защиты информации,
группа № 6754
Направление подготовки: 090900 – Информационная безопасность
e-mail:Savchek@yandex.ru

УДК 004

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПЕРЕХВАТА И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ СИГНАЛОВ РАДИОУПРАВЛЯЕМЫХ ШЛАГБАУМОВ

В.В. Савчук
Научный руководитель – В.Г. Прожерин

В работе проводился анализ возможности неправомерного доступа к управлению радиоуправляемыми воротами и шлагбаумами. Для упрощения работы дежурных контроллеров, а иногда и вовсе для исключения их из цепи взаимодействия, предприятия на въезде в охраняемую территорию устанавливают автоматические

ворота и шлагбаумы. В зависимости от типа и класса используемой автоматики, управление может осуществляться кнопочным пультом, магнитным ключом, цифровым кодом, пультом дистанционного управления. Последний способ наиболее уязвим к воздействию извне, поэтому в работе будет рассматриваться именно он.

Целью работы являлась разработка устройства, способного принимать и передавать сигналы радиоуправляемых ворот. Помимо этого, устройство должно было хранить полученные данные во внутренней памяти. Для реализации всех этих функций было разработано необходимое программное обеспечение.

Каждый производитель автоматических ворот пытается обезопасить свой продукт от внешнего воздействия путем использования кодов управления. В работе рассматриваются примеры статических кодов Came и Keeloq, использование которых, по субъективному мнению автора, является самым частым в последнее время.

Основой устройства выступает микроконтроллерная плата Arduino, которая по нескольким критериям обходила остальные подобные платы (таблица).

Таблица. Сравнение микроконтроллерных плат со стоимостью не более $30

Наименование	Простота прошивки	Стоимость	Доступность	Модули расширения	Поддержка сообщества
TI LaunchPad	+++	++++	++	+	++
Arduino UNO	+++	+	++++	+++	++++
Teensy	+++	++	+++	–	++
The Maple	+++	+	++	+++	+++
Ardweeny	+	++++	++	–	+

При поддержке сообщества, с ее помощью можно воплотить в жизнь самый нетривиальный проект.

В процессе реализации была разработана, протестирована на виртуальном стенде и собрана принципиальная схема, изучена среда разработки ArduinoIDE.

Перехвату и копированию сигналов подвержено большинство радиоуправляемых ворот и шлагбаумов, представленных на рынке. Закрыть уязвимость возможно применением динамических кодов с синхронизацией пультов и ворот или использованием лицензионной радиочастоты, но это не всегда возможно с технической и финансовой точки зрения.

Разработанное устройство способно перехватывать и копировать сигналы управления. На данный момент аналогов нет в открытой продаже. Габариты устройства, как и затраты, можно уменьшить за счет отказа от использования готовых средств прототипирования, таких как Arduino.

Литература

1. Кузнецов И.Н. Информация: сбор, защита, анализ. – М.: ООО «Изд- Яуза», 2001. – 318 с.
2. Партыка Т.Ю. Информационная безопасность. Учебное пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Форум, 2010. – 432 с.
3. Сидорин Ю.С. Технические средства защиты информации. Учебное пособие. – СПб: СПбГПУ, 2005. – 141 с.
4. Спесивцев А.В. и др. Защита информации в персональных ЭВМ. – М: Радио и связь, Веста, 1993. – 193 с.
5. Торокин А.А. Инженерно-техническая защита информации. – М.: Гелиос АРВ, 2005. – 960 с.
6. Хофман Л.Дж. Современные методы защиты информации. – М.: Сов. радио, 1980. – 264 с.

Сафронов Андрей Геннадьевич
Год рождения: 1991
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6110
Направление подготовки: 231000 – Программная инженерия
e-mail: wishmaster.aaa@gmail.com

УДК 004.75+004.772+004.62

ДИНАМИЧЕСКАЯ РЕКОНФИГУРАЦИЯ СИСТЕМ С СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРОЙ

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

В работе решается проблема динамической реконфигурации информационных систем с сервис-ориентированной архитектурой.

Благодаря бурному развитию Интернета сегодня можно получить доступ к множеству информационных услуг, предоставляемых различными компаниями посредством веб-сервисов. Количество таких сервисов постоянно увеличивается. Несмотря на их обилие, поиск подходящего сервиса все еще остается проблемой. К тому же ситуация осложняется тем, что могут появиться новые сервисы, которые предоставят более качественную информацию, или могут измениться контракты существующих сервисов до такой степени, что предоставляемая ими информация не будет востребована. Следовательно, необходимы механизмы, позволяющие оперативно адаптировать конфигурацию сервис-ориентированных информационных систем в условиях неопределенности показателей качества обслуживания веб-сервисов [1]. Наличие таких механизмов у информационной системы говорит о ее возможностях динамической реконфигурации.

В данной работе под информационной системой с сервис-ориентированной архитектурой, которая обладает способностью динамической реконфигурации понимается информационная система, которая имеет следующие функциональные возможности:

- отслеживание появления новых сервисов, а также изменения контрактов существующих сервисов;
- выбор сервиса для взаимодействия на основании критериев, заданных администратором системы;
- адаптация к взаимодействию с новым сервисом без изменений исходного кода модулей системы и создания специализированного клиента веб-сервиса.

Таким образом, динамически реконфигурируемая система в процессе работы обнаруживает изменения среды, выраженные в качественном и количественном изменении состава внешних веб-сервисов. При обнаружении изменений она на основании критериев, заданных администратором, определяет те сервисы, которые наиболее подходят для взаимодействия. При выполнении запроса к выбранному сервису система автоматически производит преобразования данных к формату, используемому внешним сервисом, а при получении ответа выполняет обратное преобразование.

Реконфигурация современных сервис-ориентированных систем осуществляется с помощью специального интеграционного программного обеспечения – корпоративных сервисных шин. Согласно [2] наиболее популярными сервисными шинами являются:

OracleServiceBus, MuleESB, FuseESB, WSO2 ESB и WSMX. Результаты исследования возможностей динамической реконфигурации этих сервисных шин, проведенного на основе [3–10], представлены в табл. 1. По итогам исследования можно заключить, что ни один из рассмотренных продуктов не обладает возможностями динамической реконфигурации, следовательно, разработка механизмов для ее обеспечения является актуальной.

Таблица 1. Результаты исследования возможностей динамической реконфигурации сервисных шин

ESB	Отслеживание изменений сервисов	Выбор сервиса по критериям	Преобразование форматов данных	Динамическая реконфигурация
Oracle Service Bus	нет	нет	да	нет
Mule ESB	нет	нет	да	нет
Fuse ESB	нет	нет	да	нет
WSO2 ESB	нет	нет	да	нет
WSMX	нет	да	да	нет

Основной **целью работы** являлось получение программной инфраструктуры для интеграции информационных систем с удаленными сервисами, которая будет предоставлять возможности динамической реконфигурации в условиях неопределенности показателей качества обслуживания веб-сервисов.

Для достижения поставленной цели была разработана программная инфраструктура для интеграции сервис-ориентированных систем с удаленными сервисами. В качестве методов интеграции в данной инфраструктуре выбраны следующие: интеграция на основе онтологии предметной области, а также с помощью агентов. Использование онтологии предметной области позволит описывать сервисы, а также требования к ним в терминах данной предметной области. Благодаря этому удастся обеспечить возможность выбора сервиса по заданным критериям, а также динамическую генерацию запроса к сервису [11]. Использование агентов позволит отслеживать изменения качественного и количественного состава сервисов [12]. Следовательно, если комбинировать эти методы интеграции, то станет возможным обеспечение динамической реконфигурации.

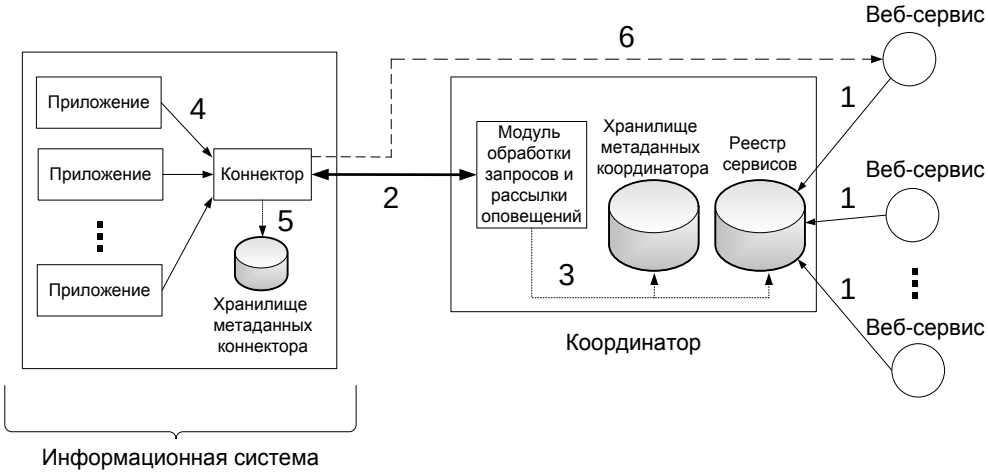


Рис. 1. Схема взаимодействия информационной системы с сервисами

На рис. 1 показана схема интеграции корпоративной системы с веб-сервисами. Для обеспечения интеграции предполагается использование дополнительных компонентов: координатора, коннектора, а также хранилища метаданных.

Центральное звено инфраструктуры – координатор. Он представляет собой программный компонент, в котором зарегистрированы все сервисы, а также хранятся их метаописания. При изменении существующих сервисов и появлении новых, координатор осуществляет рассылку оповещений потребителям. Как правило, координатор располагается вне интегрируемых информационных систем.

Коннектор – программный компонент, который используется для подключения существующей информационной системы к координатору, а также получения и обработки оповещений, отправляемых координатором. Коннектор получает оповещения о появлении или изменении сервисов, а также осуществляет выбор наиболее подходящего сервиса из реестра координатора и взаимодействует с ним. Также все приложения системы ведут взаимодействие с удаленными сервисами через коннектор.

Упрощенный механизм взаимодействия потребителя и сервиса в данной инфраструктуре выглядит следующим образом. Поставщики регистрируют свои сервисы в реестре координатора, после чего зарегистрированные сервисы становятся доступны для обнаружения и вызова 1 (рис. 1). При регистрации сервисов, поставщики также формируют метаданные для описания операций, предоставляемых сервисами, входных и выходных параметров этих операций, а также показателей качества обслуживания. Администратор корпоративной системы-потребителя сервисов сохраняет в локальном хранилище метаданных критерии выбора необходимого сервиса для взаимодействия, используя тот же набор метаданных, который использовал поставщик при регистрации сервиса. Коннектор подключается к координатору и отправляет запрос для поиска подходящего сервиса 2. На основании заданных критериев координатор выбирает наиболее подходящий сервис 3 и передает его метаданные коннектору, который сохраняет их в локальном хранилище метаданных. После этого программный компонент информационной системы отправляет запрос на взаимодействие с сервисом коннектору 4. Преобразование данных из формата, используемого в корпоративной системе, к формату, используемому удаленным сервисом, осуществляется коннектором на основе метаданных, заданных поставщиком сервиса 5. На основании этого преобразования коннектор осуществляет запрос к веб-сервису 6, получает от него ответ, и преобразует его к формату, используемому в информационной системе, а затем передает результат компоненту, который инициировал обращение к сервису.

Следует отметить, что выбранный коннектором сервис сохраняется, и в дальнейшем взаимодействие ведется с ним, без осуществления повторного поиска в реестре координатора. В случае появления новых сервисов или изменения контрактов уже существующих, координатор отошлет оповещение коннекторам, которые произведут очередной выбор сервиса уже с учетом совершившихся изменений. Другими словами, если появится сервис, который в большей степени соответствует ожиданиям потребителя, то взаимодействие будет осуществляться исключительно с ним.

Таким образом, данная инфраструктура обеспечивает возможности динамической реконфигурации, а также позволяет сократить влияние человека на процесс реконфигурации системы, потому что администратору системы-потребителя сервисов необходимо только наполнить хранилище метаданных на этапе запуска системы, а затем редактировать эти метаданные только при изменении бизнес-процессов или появлении новых требований к внешним сервисам.

В табл. 2 показаны основные функциональные возможности компонентов разработанной инфраструктуры. Помимо возможностей, описанных ранее, следует

обратить внимание на возможность импорта данных из других реестров координатором, а также на предоставление интерфейса для интегрируемой системы коннектором.

Таблица 2. Основные функциональные возможности компонентов разработанной инфраструктуры

Компонент	Функции
Координатор	1. Хранение информации и метаданных сервисов 2. Поиск сервиса по заданным критериям 3. Импорт данных о сервисах из других реестров 4. Оповещение коннекторов об изменении и появлении сервисов
Коннектор	1. Взаимодействие с координатором 2. Выбор подходящего сервиса для взаимодействия 3. Взаимодействие с сервисом 4. Кеширование результатов 5. Сбор статистики о взаимодействиях 6. Предоставление интерфейса для интегрируемой информационной системы
Хранилище метаданных	1. Хранение метаданных 2. Редактирование метаданных

Благодаря импорту сервисов становится возможным быстрее наполнить реестр координатора, и тем самым быстрее ввести данную инфраструктуру в эксплуатацию, а также повысить вероятность успешного поиска сервиса. Интерфейс коннектора предоставляет для приложений информационной системы возможности вызова сервисов.

Одним из механизмов, с помощью которого удается достичь динамической реконфигурации, является использование метаданных. Используемые метаданные специфичны для предметной области.

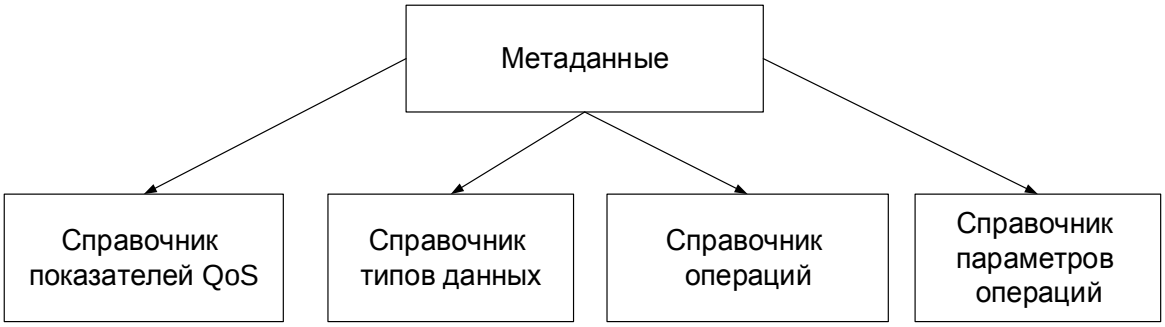


Рис. 2. Структура справочника метаданных

Как показано на рис. 2, используемые метаданные можно условно разделить на четыре справочника. Справочник показателей качества обслуживания (QoS) содержит описание используемых параметров качества обслуживания. Справочник типов данных хранит описание всех типов и структур данных, используемых во взаимодействии клиента и сервиса. Справочник операций содержит описание всех операций, которые могут предоставлять веб-сервисы в рамках предметной области, в которой функционирует данная инфраструктура. В справочнике параметров операций описаны входные и выходные параметров операций веб-сервисов.

При регистрации сервиса поставщик задает описание своего сервиса, используя метаданных из этих четырех справочников. При задании критериев, потребитель также пользуется этими же метаданными. Следует отметить, что для обеспечения корректного функционирования данной инфраструктуры необходимо, чтобы одни и те же сформированные справочники метаданных хранились во всех хранилищах

метаданных: в хранилище координатора, а также в хранилищах, с которыми соединены коннекторы, во всех подключенных корпоративных системах.

В ходе работы была проведена реализация прототипа основных программных компонентов данной архитектуры на языке Java. Реализация реестра сервисов базировалась на реестре сервисов ApachejUDDI. Выбор ApachejUDDI обусловлен тем, что это единственный активно развивающийся и хорошо документированный реестр с открытым исходным кодом.

Для реализации сетевого взаимодействия между компонентами использовалась библиотека Kryonet. Выбор именно этой библиотеки связан с простотой, а также удобством предоставляемого ею API. Для хранения и редактирования метаданных использовалась документо-ориентированная система управления базами данных MongoDB. На рис. 3 показана схема реализованного прототипа.

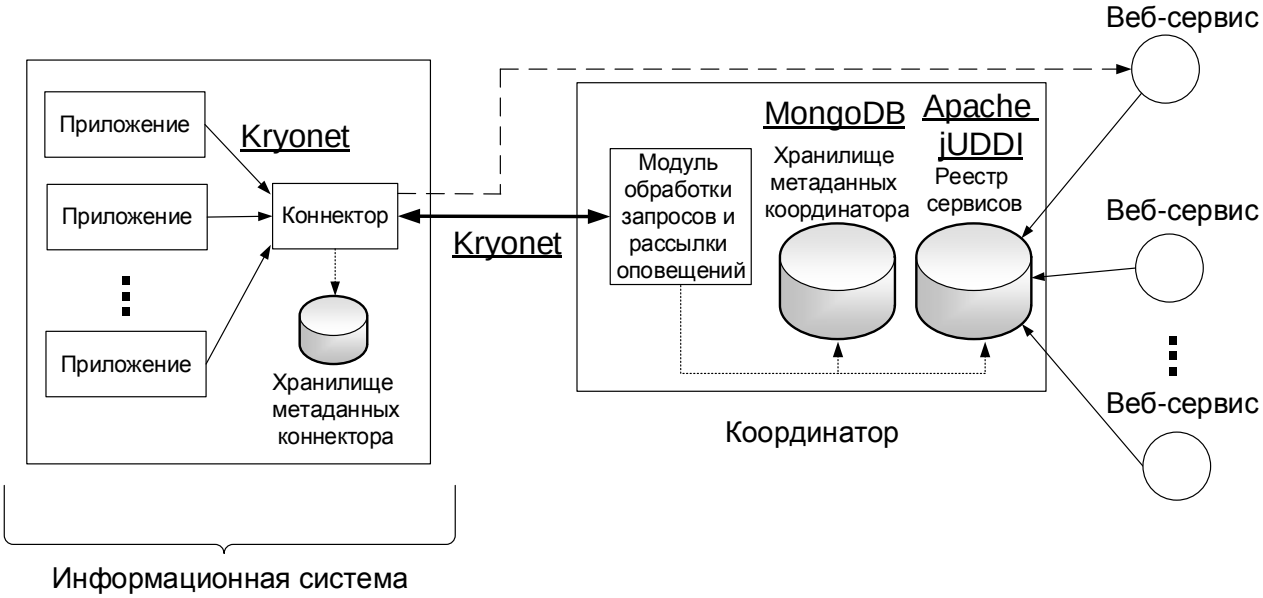


Рис. 3. Прототип инфраструктуры

После реализации в работе было проведено тестирование данного прототипа с целью исследования предоставляемых возможностей реконфигурации. В ходе тестирования в координаторе регистрировались сервисы, а также изменялись их описания. На основании заданных критериев для выбора сервисов, коннектор верно определял сервис для взаимодействия после каждого изменения, а также успешно осуществлял конструирование запроса к нему, а также обработку его ответа.

По результатам тестирования прототипа можно заключить, что разработанная программная инфраструктура предоставляет возможности динамической реконфигурации для интегрируемых информационных систем.

Разработанная инфраструктура универсальна и может функционировать независимо от предметной области. Однако она обладает недостатком, заключающимся в том, что перед вводом инфраструктуры в эксплуатацию необходимо корректно сформировать справочники метаданных, специфичных для предметной области. Для решения этой задачи могут потребоваться значительные ресурсы.

Также для обеспечения работоспособности инфраструктуры необходимо администрировать центральный ее компонент – координатор и поддерживать бесперебойный доступ к нему для всех интегрируемых корпоративных систем, а также

поставщиков сервисов. Мероприятия, направленные на решение данной проблемы, неизбежно приведут к дополнительным расходам.

Учитывая то, что в современных интеграционных продуктах проблема динамической реконфигурации не решена, результаты, полученные в данной работе, являются ценными как с теоретической, так и с практической точки зрения.

Дальнейшее развитие данной работы может быть связано с решением проблемы, заключающейся в необходимости формирования справочников метаданных. Например, одно из возможных решений может заключаться в получении программного средства, которое обеспечит генерацию необходимых метаданных.

Также возможна доработка разработанной инфраструктуры с целью добавления в нее возможностей обнаружения координаторов. Следует отметить, что это улучшение является крайне важным, поскольку поддержка динамической реконфигурации не возможна без функциональности координатора, и в случае, если отсутствует возможность развертывания и дальнейшей поддержки координатора, то динамической реконфигурации достичь не удастся.

Одним из способов, с помощью которого можно провести это улучшение, может быть введение в инфраструктуру дополнительного программного компонента – реестра координаторов, который будет содержать информацию о существующих координаторах, а также группировать их по предметным областям, в которых они задействованы.

Литература

1. Дергачев А.А., Сафронов А.Г. Динамическая реконфигурация систем с сервис-ориентированной архитектурой // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых. – 2014. – Вып. 1. – С. 117–118.
2. Wahner K. Choosing the Right ESB for Your Integration Needs [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:// infoq.com/articles/ESB-Integration, своб.
3. Thom C., Jones F. Oracle Fusion Middleware Developer’s guide for Oracle Service Bus, 11g Release 1 (11.1.1.6.3). – Oracle, 2012. – 862 p.
4. MuleSoft. Mule Concepts [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mulesoft.org/documentation/display/current/Mule+Concepts, своб.
5. Dossot D., D'Emic J. Mule in Action. – Manning Publications Co., 2010. – 402 p.
6. Red Hat. Configuring and running Red Hat JBoss Fuse, version 6.1. – Red Hat, 2014. – 130 p.
7. WSO2. WSO2 ESB Architecture [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.wso2.org/display/ESB481/Architecture, своб.
8. WSO2. Mediating Messages [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.wso2.org/display/ESB481/Mediating+Messages, своб.
9. Zaremba M., Moran M., Haselwanter T., Lee H.K., Han S.K. WSMX Architecture [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.wsmo.org/TR/d13/d13.4/v0.3/, своб.
10. Haller A., Cimpian E., Mocan E., Oren C., Bussler. WSMX – A Semantic Service-oriented Architecture [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.deri.ie/fileadmin/documents/wsmx-icws2005.pdf, своб.
11. Дергачев А.А., Сафронов А.Г. Интеграция веб-сервисов на основе онтологии предметной области // Сб. трудов молодых ученых и сотрудников кафедры ВТ. – 2013. – Вып. 4. – С. 14–17.
12. Nodine M., Bohrer W., Ngu A.H.H. Semantic Brokering over Dynamic Heterogeneous Data Sources in InfoSleuth // Proc. of the 15th Intern. Conf. on Data Engineering. – 1999. – P. 358–365.

Сидоренков Дмитрий Сергеевич
Год рождения: 1991
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга, группа № 6212
Направление подготовки: 223200 – Техническая физика
e-mail: sds-29@mail.ru

УДК 621.396.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ АТОМНОГО СТАНДАРТА ЧАСТОТЫ С ЛАЗЕРНОЙ НАКАЧКОЙ

Д.С. Сидоренков
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.В. Шарков

В настоящей работе приводятся результаты эксперимента по определению влияния тепловых воздействий на характеристики излучения лазера, предназначенного для оптической накачки в атомном (квантовом) стандарте частоты. Также в работе представлены результаты обеспечения термостабилизации лазерного источника.

В основе физических принципов работы квантового стандарта частоты лежит эффект стабилизации частоты опорного кварцевого генератора путем подстройки его частоты под частоту перехода в сверхтонкой структуре атомов щелочных металлов. Частота кварцевого генератора умножается преобразователем частоты до сверхвысоточастотного (СВЧ) сигнала, в точности равного частоте перехода в сверхтонкой структуре паров изотопа рубидия-87. Этот СВЧ сигнал взаимодействует с предварительно переведенным оптической накачкой в возбужденное состояние ансамблем атомов, в результате чего, просветленная после оптической накачки система начинает вновь взаимодействовать с излучением, что приемником оптического излучения регистрируется как сигнал поглощения. Полученный таким образом сигнал поглощения позволяет судить о точности попадания частоты в резонанс и дает информацию о величине подстройки частоты в резонанс в случае ее отклонения. Однако точность определения отклонения частоты кварцевого генератора от резонансной в сильной степени зависит от тепловых воздействий, оказываемых окружающей средой на частоту излучения лазера.

Для осуществления оптической накачки в стандарте частоты используется полупроводниковый инжекционный лазерный излучатель. Конструктивно он представляет собой модуль в виде корпуса, в котором на микротермоэлектрических охладителях (элементы Пельтье) расположены кристалл лазерного диода (ЛД) и волоконная брегговская решетка (ВБР), которая используется в качестве внешнего, селективного резонатора.

В ходе экспериментальных исследований в рамках данной работы были определены количественные характеристики влияния тепловых воздействий на лазерный излучатель. Первый эксперимент был посвящен определению температурного коэффициента частоты (ТКЧ) ЛД. На рис. 1 приведен график линии поглощения парами рубидия-87 на переходах $S_{1/2}$–>$P_{1/2}$, F(2–>2), полученный сканированием частоты излучения. Сканирование частоты осуществлялось последовательным изменением температуры ЛД при постоянном токе инжекции. По графику была осуществлена привязка частоты излучения лазера к температуре ЛД,

вычислен коэффициент температурной перестройки частоты излучения ЛД, который составил 6,246 ГГц/К.

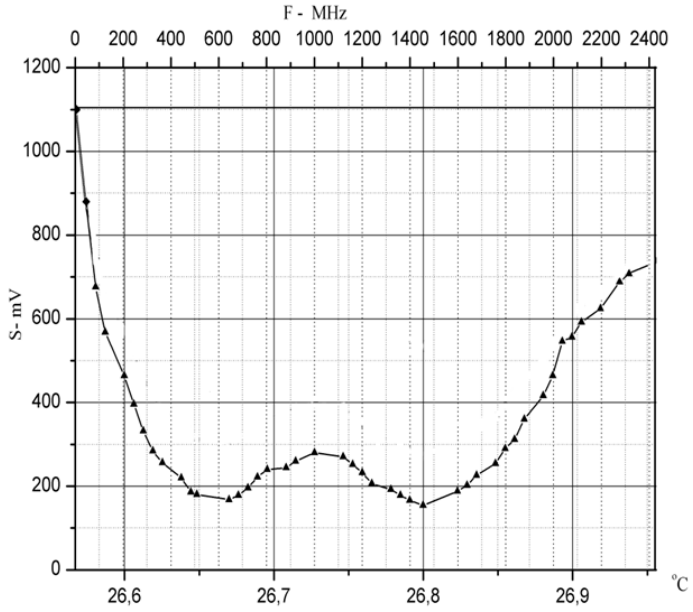


Рис. 1. График зависимости сигнала поглощения *S*, mV от температуры ЛД

Вторым экспериментом стало определение перестройки частоты лазерного излучения, вызванной влиянием температурных возмущений, оказываемых окружающей средой. Для этого лазерный излучатель помещался во внешний термостат, на котором моделировался процесс изменения температуры окружающей среды на один градус. Повышение температуры окружающей среды приводило к необходимости повышения тока накачки через ЛД для удержания частоты излучения на резонансном значении. Регистрировалась перестройка по току, вызванная изменением температуры и в дальнейшем с использованием спектральных линий с известными частотами переходов был найден коэффициент перестройки частоты. Таким образом, изменение частоты излучения, вызванной изменением температуры окружающей среды, составило 435 МГц/К. Полученные экспериментальные данные, совместно с техническими требованиями к температурному коэффициенту частоты квантового стандарта частоты, позволили оценить уровень необходимой термостабилизации лазерного модуля. Колебания температуры корпуса лазерного модуля не должны превышать $1 \cdot 10^{-5}$ К. Обеспечить данный уровень термостабилизации не представляется возможным, поэтому для стабилизации частоты лазерного излечения используется система токовой автоподстройки частоты. Ее наличие позволяет смягчить требования к уровню стабильности температуры до единиц мК. В ходе экспериментальных исследований было установлено, что дальнейшее ухудшение термостабилизации лазерного модуля способно приводить к неустойчивостям в работе стандарта частоты, скачкам мощности оптического излучения, увеличению значения световых сдвигов и ряду других негативных эффектов.

Для обеспечения требуемого уровня термостабилизации был спроектирован, разработан, изготовлен и собран макетный образец термостатирующего устройства. Проектирование термостатирующего устройства производилось с привлечением систем автоматизированного проектирования, а также программ компьютерного моделирования процессов теплопереноса для выбора оптимальных геометрических параметров и свойств материалов. В ходе плановых экспериментальных исследований, проводимых над стандартом частоты, выявлена зависимость акустооптического модулятора (АОМ), который применяется для задания импульсного режима накачки от

температур. В этой связи было принято решение о совмещении лазерного модуля и АОМ в едином корпусе термостатирующего устройства. Макетный образец полученного термостатирующего устройства представляет собой подогревной цилиндрический термостат (рис. 2) и аналоговый, пропорционально-интегральный регулятор температуры.

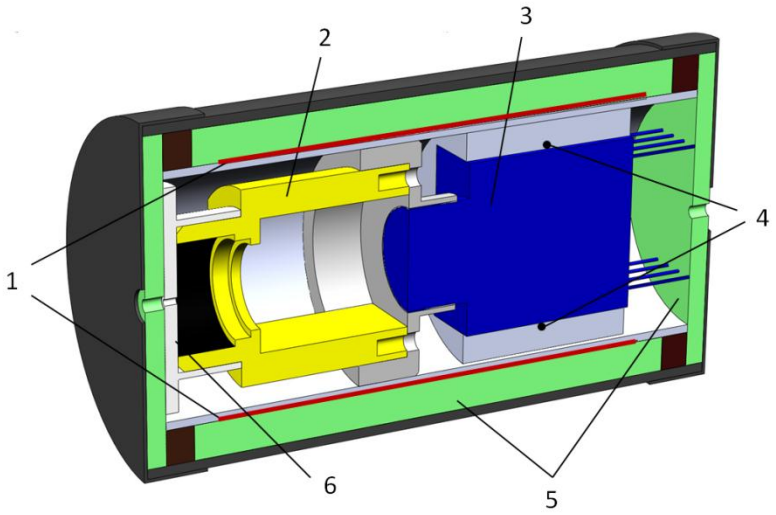


Рис. 2. Схематическое изображение подогревного термостата: 1 – нагреватель; 2 – АОМ; 3 – лазерный модуль; 4 – терморезисторы; 5 – теплоизоляция; 6 – диафрагма

Результаты экспериментальных исследований стабильности поддержания температуры объекта термостатирования приведены на рис. 3. Среднеквадратичное отклонение температуры составляет $1{,}3 \cdot 10^{-3}$ К. Статическая погрешность (дрейф температуры) вызвана непрерывным ростом температуры окружающей среды за время эксперимента с 24,8°С до 29,9°С.

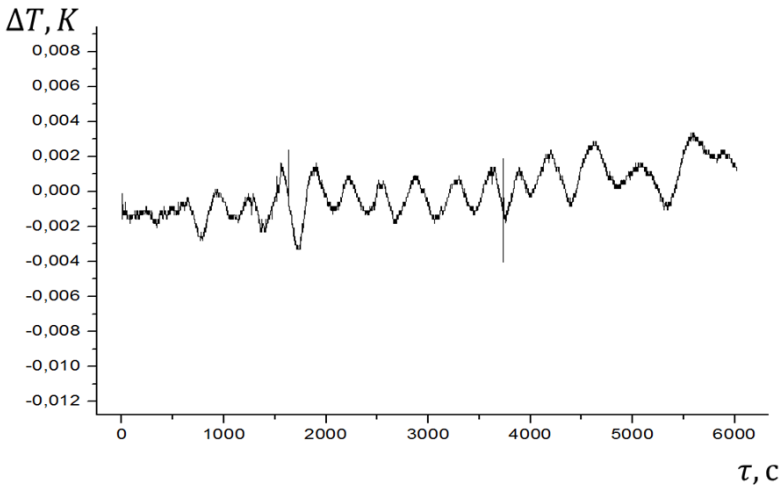


Рис. 3. Колебания температуры объекта термостатирования во времени

Проведенные экспериментальные исследования термостатирующего устройства позволили наметить пути дальнейшего улучшения параметров температурной стабильности. Приняты решения о переходе на реверсивную систему термостабилизации с использованием элементов Пельтье для расширения рабочего диапазона температур; замене терморегулятора на цифровую схему с пропорционально-интегрально-дифференциальным законом регулирования для удобства настройки и уменьшения амплитуды автоколебаний температуры объекта термостатирования.

Литература

1. Риле. Стандарты частоты. Принципы и приложения / Пер. с англ. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 512 с.
2. Bandi Thejesh N. Double-resonance studies on compact, high-performance rubidium cell frequency standards, PhD: University of Neuchâtel, Switzerland, 2013. – 196 p.
3. Кондратьев Г.М., Дульнев Г.Н., Платунов Е.С., Ярышев Н.А. Прикладная физика: Теплообмен в приборостроении. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2003. –560 с.

Скриплева Елена Александровна
Год рождения: 1988
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевых технологий, кафедра технологии молока и пищевой биотехнологии, группа № и6363
Направление подготовки: 260200 – Продукты питания животного происхождения
e-mail: 4ernamurka@rambler.ru

УДК 637.182

РАЗРАБОТКА СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОДОБАВКИ «СЕЛЕН АЛЬГА ПЛЮС»

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

В последние годы в России и за рубежом получили широкое распространение функциональные пищевые продукты как новое и перспективное направление в пищевой индустрии для улучшения структуры питания и поддержания здоровья людей. Исследования и разработка функциональных продуктов, обогащенных пищевыми волокнами, антиоксидантами, витаминами и минеральными веществами, являются актуальными.

По данным Института Питания РАМН и результатам клинических исследований 80% россиян испытывают недостаток селена. Ежедневный рацион россиянина содержит в лучшем случае 30 мкг вещества, тогда как норма для взрослого человека составляет 50–100 мкг селена в сутки, а в периоды повышенных нагрузок и при различных заболеваниях селена требуется 100–800 мкг [1].

Селен очень важен для поддержания здоровья многих систем организма. Его основная функция – замедление процесса окисления липоидов. Он защищает иммунную систему путем предупреждения образования свободных радикалов. Известно, что он также действует как элемент, противодействующий образованию опухолей. Благодаря непосредственному влиянию на синтез иммунизирующего фермента глютатионпероксидазы, он предотвращает возникновение целого ряда раковых заболеваний (рака легких, кишечника, молочной железы, простаты). Селен необходим для нормального функционирования сердца, печени, поджелудочной железы, а также для обеспечения эластичности тканей [2].

Существуют разные пути повышения селенового статуса населения. В Финляндии вносили в почву селенсодержащее удобрение, в Японии были предприняты попытки обогащения яиц селеном, путем увеличения селена в рационе кур-несушек. Для нашей страны наиболее приемлемым представляется широкое использование

селенсодержащих биологически активных добавок к пище [3].

Существуют различные биодобавки, основное различие которых – это форма селена – органическая или неорганическая. Известно, что растительная форма (селенметионин, селенцистеин) наиболее предпочтительна для организма, поскольку усваивается на 95–98%, тогда как животная форма усваивается на 30%, а неорганическая форма – всего на 10%.

В связи с этим нами была выбрана биодобавка «Селен Альга Плюс» компании «Литораль», в которой селен содержится в органической форме. Его источники – селеновые дрожжи, чеснок и пшеничные отруби. В этой биодобавке связаны друг с другом органический селен, витамины Е и С, йод в виде бурых морских водорослей, топинамбур, усиливающий усвоение селена.

Целью работы являлась разработка состава и технологии йогурта, с использованием биодобавки «Селен Альга Плюс», содержащей селен в органической форме, с заменой сахарозы на заменители сахара растительного происхождения.

Для решения данной цели были поставлены следующие задачи: определить дозу и стадии внесения биодобавки «Селен Альга Плюс»; исследовать влияние биодобавки на показатели качества йогурта; определить дозу и стадию внесения заменителей сахара; исследовать влияние концентрации заменителей сахара на показатели качества готового продукта; установить сроки годности.

Исследования проводили на кафедре технологии молока и пищевой биотехнологии. С целью достоверности экспериментальных результатов использовали сухое обезжиренное молоко одной партии.

Технологический процесс осуществляли по известной традиционной технологии, термостатным способом. Восстановленное обезжиренное молоко пастеризовали при температуре 90–95°С с выдержкой 2–8 мин, охлаждали до 45°С, вносили закваску, перемешивали и термостатировали в течение 4 ч.

На первом этапе было определено влияние концентрации исследуемой биодобавки на процесс сквашивания, исследовали динамику кислотонакопления титруемой и активной кислотности в сравнении с контролем (контролем служил образец йогурта без наполнителей), опытные образцы с концентрацией биодобавки от 0,1 до 0,8% с шагом 0,1%. Экспериментальные данные представлены на рис. 1.

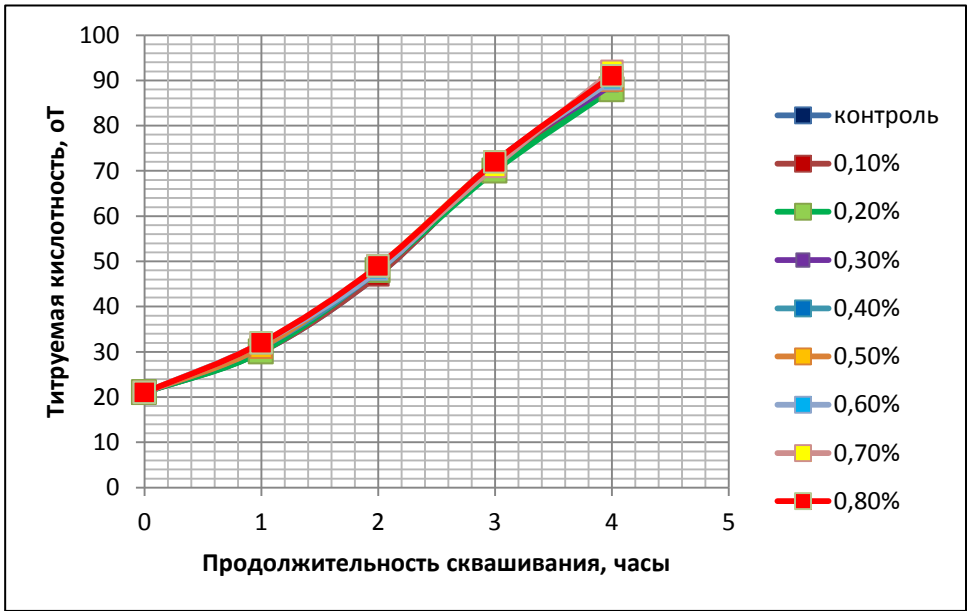


Рис. 1. Влияние концентрации биодобавки на динамику кислотонакопления

Как видно из данных, представленных на рис. 1, биодобавка, независимо от дозы внесения, не влияет на титруемую и активную кислотность.

По органолептическим показателям при увеличении дозы биодобавки свыше 0,4% начинает ощущаться специфический привкус с выраженным запахом водорослей, что не позволяет повышать концентрацию биодобавки свыше 0,4%. Выбранная концентрация биодобавки 0,4% соответствует 50% норме потребления селена в сутки при употреблении в пищу 200 г продукта.

Биодобавку необходимо вносить вместе с закваской в пастеризованную смесь, так как в процессе тепловой обработки выше 50°С теряется до 50% селена.

Известно, что самый опасный «враг» селена – сахароза. В присутствии сахара этот микроэлемент практически не усваивается. Так как в состав йогурта входит 11% сахарозы, в задачу исследования входила необходимость подбора подслащивающих компонентов растительного происхождения.

Большой интерес проявляется к низкокалорийным заменителям сахара. К таковым относится стевиозид, извлекаемый из листьев стевии. Он превосходит по сладости сахарозу в 250–300 раз. Стевиозид считается безвредным натуральным подсластителем низкой энергетической ценности, нетоксичным, не обладающим мутагенным, канцерогенным действием [4].

Другим подсластителем растительного происхождения является сироп топинамбура. Натуральный сироп топинамбура содержит около 40 % растительного волокна, в котором сосредоточены сладкие полимеры–фруктаны. Такое волокно дарит длительное чувство насыщения, поскольку не разлагается в желудке. Лишь в кишечнике начинается процесс высвобождения глюкозы, столь необходимый для полноценной работы мозга и других органов тела [5].

При подборе растительных подслащивающих компонентов преследовали двойную цель. Во-первых – замены опасного «враг» селена – сахарозы. Во-вторых, получение продукта, предназначенного не только для здорового питания, но и для людей, страдающих сахарным диабетом.

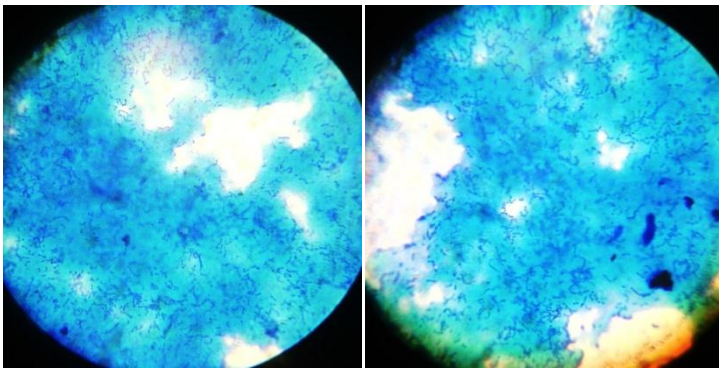
Для определения дозы стевиозида готовили образцы с концентрацией подсластителя от 0,01 до 0,1% дозы стевии с шагом 0,01%. В ходе экспериментальных исследований выявлено, что опытный образец с концентрацией стевиозида 0,05% обладает недостаточной сладостью, но при увеличении концентрации начинает ощущаться явный специфический привкус. Исходя из этого, дополнительно вносили сироп топинамбура. Для определения влияния концентрации сиропа топинамбура на показатели качества йогурта вносили от 1% до 5% дозы сиропа с шагом 1%. По органолептическим показателям в сравнении с контролем выбран опытный образец с концентрацией сиропа топинамбура 3%, стевиозида 0,05%.

Для определения момента внесения подслащивающих добавок, в первом случае стевиозид и сироп топинамбура вносили в нормализованную смесь до пастеризации, во втором – после пастеризации вместе с закваской.

Исследовали динамику кислотонакопления, определяли титруемую и активную кислотность. Различий в динамике кислотонакопления титруемой и активной кислотности между опытными образцами с добавками, внесенными до и после пастеризации в сравнении с контрольным образцом, не наблюдалось.

По показателям качества опытный образец отличался от контрольного по органолептическим показателям, в опытном образце помимо кисломолочного вкуса и запаха ощущался приятный привкус и запах наполнителей, по внешнему виду – наличие включений биодобавки, равномерно распределенных по всей массе. По остальным показателям: титруемой и активной кислотности относительной вязкости, влагоудерживающей способности отличий не было.

Микроскопический препарат контрольного и опытного образцов йогурта представлен на рис. 2.



а б

Рис. 2. Микроскопический препарат йогурта: контроль (а); опытный (б)

При просмотре микроскопических препаратов контрольного и опытного образцов (рис. 2) существенных различий не наблюдалось. В поле зрения обнаружены молочнокислые стрептококки и палочки. Наличие посторонних микроорганизмов (Oidium lactis, дрожжи и термоустойчивые молочнокислые палочки) не обнаружено.

Изменение показателей качества йогурта с биодобавкой «Селен Альга Плюс» в процессе хранения представлены в таблице. Как видно из данных таблицы в течение 10 суток не было замечено ухудшения органолептических и микробиологических показателей. Кислотность на 10-е сутки составляла 130±1°Т, допустимая 140°Т. Однако руководствуясь методикой расчета сроков годности (Гигиеническая оценка сроков годности пищевых продуктов) установлен срок годности йогурта с биодобавкой «Селен Альга Плюс» до 7 суток.

Таблица. Показатели качества опытного образца в процессе хранения

Показатель	Продолжительность хранения, сутки										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вкус	Вкус чистый кисломолочный, сладкий с привкусом наполнителя										
Запах	Выраженный кисломолочный аромат, характерный внесенному наполнителю										
Цвет	Соответствующий цвету наполнителя, равномерный по всей массе										
Консистенция	Однородная, в меру вязкая										
Внешний вид	Поверхность глянцевитая, без отделения сыворотки, наличие включений биодобавки равномерно распределенных по всей массе										
Кислотность, °Т	79±1	81±1	85±1	90±1	95±1	99±1	104±1	109±1	115±1	122±1	130±1
Количество молочнокислых КОЕ/г	Не менее $1 \cdot 10^9$				Не менее $1 \cdot 10^8$				Не менее $1 \cdot 10^7$		
Количество дрожжей и плесеней, КОЕ/г	Не более 50										
БГКП, $см^3$	0,01										

Выводы: в результате экспериментальных исследований произведенная оценка качества готового продукта позволила подтвердить, что внесение биодобавки в количестве 0,4%, стевиозида 0,05%, сиропа топинамбура 3% обеспечивает получение продукта с хорошими потребительскими свойствами. Срок годности йогурта с биодобавкой «Селен Альга Плюс» до 7 суток.

Литература

1. Шевелева С.А. Пробиотики, пребиотики и пробиотические продукты. Современное состояние вопроса // Вопросы питания. – 1999. – № 2. – С. 32–40.
2. Шадилов Е.В. Идеальное питание. – СПб: Питер, 2000. – 160 с.
3. Пронина Н.А., Ковшова Ю.И., Попова В.В. и др. Влияние селенит ионов на рост и накопление селена у Spirulina platensis // Физиология растений. – 2002. – Т. 49. – № 2. – С. 264–271.
4. Ляховкин А.Г., Николаев А.П. Стевия – медовая трава. – СПб: ЗАО «ВЕСЬ», 1999. – 96 с.
5. Кочнев Н.К., Калиничев М.В. Топинамбур – биоэнергетическая культура XXI века. – М.: Типография «Арес», 2002. – 76 с.

Смирнов Денис Сергеевич
Год рождения: 1991
Факультет точной механики и технологий,
кафедра мехатроники, группа № 6672
Направление подготовки: 221000 – Мехатроника
и робототехника
e-mail: smirnovds1991@mail.ru

УДК 621.865

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО СТАБИЛИЗАЦИЮ ОСНОВАНИЯ СУДОВОЙ АНТЕННЫ В УСЛОВИЯХ КАЧКИ

Д.С. Смирнов
Научный руководитель – д.т.н., профессор Б.П. Тимофеев

Основным видом транспорта морского флота является судно. Классифицировать морские суда можно по назначению (гражданские и военные), по типу используемых акваторий (речные и морские) и многим другим признакам. Но какого бы типа судно не было, его экипаж должен четко знать свое местоположение в мировом океане. Процесс определения и измерения координат называется локацией. В настоящее время во всем мире развита радиолокация.

Радиолокация позволяет определять местоположение и свойства окружающих объектов при помощи радиоволн. Основным прибором радиолокации является радиолокационная станция (РЛС), которая должна выполнять следующие задачи:

- обнаруживать объекты;
- наблюдать, сопровождать или следить за объектами;
- определять координаты своего местоположения и координаты объектов.

Для решения этих задач в РЛС применяются различные механизмы. Так, например, механизмы юстировки ориентируют антенну в пространстве, а опорно-поворотные механизмы вращают зеркало антенны для сканирования луча в пространстве [1].

Очень важно учитывать тот факт, что одним из видов перемещений судна является качка. В условиях качки судно вместе с тем, что на нем находится, совершает угловые перемещения. РЛС не исключение. Это, в свою очередь, приводит к искажению радиолокационного изображения [2].

Итак, в нашем случае стоит проблема искажения радиолокационного изображения. Одним из решений этой проблемы может быть установка антенны на основание, которое оснащено системой стабилизации. Данная система может уменьшить влияние углового перемещения.

Цель работы – спроектировать механизм стабилизации основания судовой антенны в соответствии с требованиями технического задания. Под проектированием понимается деятельность, направленная на исследование, расчет, конструирование желаемого изделия или объекта. Целью проектирования являлось создание изделия, которое необходимо людям. Соответственно и потребность спроектировать что-либо появляется только тогда, когда будет сформулирован ряд потребительских свойств, которыми должен обладать желаемый объект.

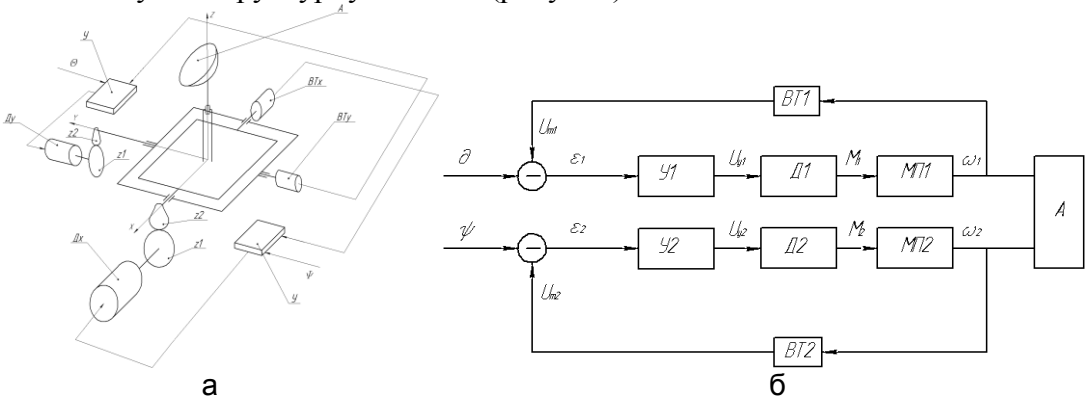
Для достижения цели был поставлен ряд задач и использовались современные системы автоматизированного проектирования, такие как MathCAD, Компас 3D и Autodesk Inventor.

Качания судна можно рассматривать на регулярном и нерегулярном волнении. Поясним подробнее эти взгляды [3].

Представим взволнованную ветром морскую поверхность. При наблюдении за ней можно заметить, что морские гребни и впадины отличаются по размерам, формам, скоростям и никакой видимой закономерности их образования нет. В связи с этим можно сделать вывод, что волнение – случайный процесс и с позиции теории качки имеет название нерегулярного. Его исследуют с помощью теории вероятности, математической статистики и спектрального анализа. Источниками данных для исследования, как правило, являются волнограммы, снятые специальными приборами – волнографами.

При расчете судового оборудования и следящих приводов качку принято рассматривать на регулярном волнении. Дело в том, что параметры нерегулярной качки непостоянны. В некоторых случаях учесть изменение этих параметров просто невозможно. Кроме того, опыт проектирования показывает, что при рассмотрении качки на регулярном волнении режимы работы привода получаются такими же, а то и более жесткими, что дает некоторый запас прочности.

Для стабилизации положения основания антенны его закрепляют в двойном карданном подвесе, оси которого управляются с помощью двух следящих систем. Одна из них стабилизирует основание в плоскости бортовой качки, вторая – в плоскости килевой качки. Рассмотрим принцип их действия, опираясь на составленные функциональную и структурную схемы (рисунок).



а б

Рисунок. Функциональная схема (а); структурная схема (б)

Управляющим сигналом служат значения углов бортовой Θ и килевой Ψ качек, которые приходят с датчика навигационной системы судна – гировертикали. Выходной регулируемый параметр выдают датчики обратной связи, роль которых исполняют вращающиеся трансформаторы. Таким образом, в блоках системы управления двигателями происходит сравнение этих двух сигналов и формирование нового, управляющего воздействия для двигателей U_y. Двигатели задают крутящий момент $M_{кр}$, который воздействует на механические передачи. Механические передачи, вращаясь с угловой скоростью ω, поворачивают рамки карданного подвеса на углы, противоположные приходящим с гировертикали. В этом случае, антенна остается неподвижной. Антенны со стабилизируемым основанием устанавливают под обтекатели для уменьшения влияния аэродинамических нагрузок [1, 2].

При проектировании механизмов следящих систем следует также учитывать ряд технических требований, которые предъявляются к этим механизмам [1].

1. Минимальный момент трогания. Момент трогания – это собственный момент трения механизма. Им определяется качество сборки механизма, регулировка подшипниковых узлов и зубчатых колес. Высокое значение для момента трогания приводит к скачкообразным изменениям управляющего воздействия.
2. Плавность работы передач.
3. Малый момент инерции механизма. Высокое значения для момента инерции приводит к дополнительной нагрузке на привод, а также увеличивает значение ошибки между управляющим и регулирующим сигналом.
4. Минимальное значение для мертвого хода. Мертвый ход также определяет качество сборки механизма. В связи с этим, регулировку мертвого хода и момента трогания проводят одновременно при сборке механизма.

Также отметим, что при проектировании антенных систем всегда есть требования на ограничения по массогабаритным показателям. В этой связи возникают некоторые противоречия в постановке общих технических требований. Например, невозможно спроектировать механизм с высокими показателями точности, малогабаритный и развивающий высокий крутящий момент. Исходя из этого, существует мнение, что традиционные зубчатые передачи эвольвентного зацепления не удовлетворяют требованиям, которые предъявляются к антенным системам. В связи с этим применяют зубчатые передачи с отличными видами зацепления, например, циклоидальное зацепление или передачи с зацеплением Новикова.

Однако существует и еще одна проблема – изготовление. Изготовление зубчатых передач с циклоидальным зацеплением и зацеплением Новикова весьма трудоемко. Свойства и достоинства каждого вида зацепления реализуются далеко не при каждом выбранном материале и виде химико-термической обработки. Кроме того, ни одно из перечисленных видов зацепления не имеет стандартов на нормы точности.

Зубчатые передачи с эвольвентным зацеплением используют много лет. За это время было проведено немало исследовательских работ и отлажена технология производства этих передач [4, 5]. Автор считает, что при грамотном подходе к проектированию эвольвентных зубчатых передач, выборе материала и вида химико-термической обработки можно добиться положительного результата. Использование зубчатых передач с циклоидальным зацеплением и зацеплением Новикова автор считает не аргументированным и несвоевременным.

Работа была посвящена начальным этапам проектирования, на которых зарождается идея проектируемого изделия. В ней представлены только расчеты двигателя, подробный расчет зубчатых передач и начальная компоновка 3D-модели.

Литература

1. Диняева Н.С. Конструирование механизмов антенн. Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2002. – 340 с.
2. Смирнова В.И., Петров Ю.А., Разинцев В.И. Основы проектирования следящих систем. Учебник для техникумов. – М.: Машиностроение, 1983. – 295 с.
3. Сизов В.Г. Теория корабля. Учебн. пособ. – Одесса: Феникс, 2003. – 284 с.
4. Кудрявцев В.Н., Кузьмин И.С., Филипенков А.Л. Расчет и проектирование зубчатых редукторов. Справочник / Под общ. ред. В.Н. Кудрявцева. – СПб: Политехника, 1993. – 448 с.
5. Тимофеев Б.П., Абрамчук М.В., Смирнов Д.С. Использование международных стандартов (ИСО) для повышения точности отечественных передаточных механизмов. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 92 с.

Соколов Максим Алексеевич
Год рождения: 1990
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра электротехники и прецизионных электромеханических систем, группа № 6166
Направление подготовки: 140400 – Электроэнергетика и электротехника
e-mail: maxisokolov@yandex.ru

УДК 621.3.031

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОТОР-ГЕНЕРАТОРА СУПЕРМАХОВИКА В ВАКУУМНОЙ СРЕДЕ

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

В данной работе рассмотрены особенности проектирования и эксплуатации электромеханической подсистемы устройства запасания кинетической энергии, при помещении ротора устройства в безвоздушное пространство и использовании магнитных подшипников для обеспечения полностью бесконтактной работы. Для успешного применения супермаховичного накопителя энергии в областях, требующих долговременного хранения энергии, таких как компенсация нерегулярностей возобновляемых источников энергии, необходимо свести к минимуму потери энергии при свободном вращении ротора. Данная задача успешно решается реализацией бесконтактной работы, уменьшающей механическое трение, потери энергии, а также механический износ деталей устройства. Однако специфическая проблематика, возникающая при расчете и эксплуатации электрической машины в вакуумной среде, требует особого внимания, прежде всего со стороны теплового анализа системы. Единственным способом отведения потерь энергии в роторе мотор-генератора при бесконтактной работе в вакууме, является тепловое излучение. Данный факт не позволяет использовать для проектирования электрической машины традиционные методики расчета и требует создания нового метода расчета и анализа производительности системы.

Основной **целью работы** являлась разработка нового метода проектирования электромеханической системы супермаховика при бесконтактной работе в вакуумной

среде, термодинамического анализа его режимов работы, а также, на основании полученного метода, проведение исследования зависимостей производительности системы от различных исходных данных и формирование соответствующих выводов и рекомендации для разработки супермаховичных накопителей.

Процедура расчета электромеханической системы супермаховика по разработанному методу, представлена на рис. 1. Все расчеты и анализ выполнены в пакете Mathcad, который позволяет раскрыть главные преимущества аналитической природы метода – позволяет легко изменять исходные данные, мгновенно наблюдать их влияние на результаты и исследовать зависимости различных параметров.

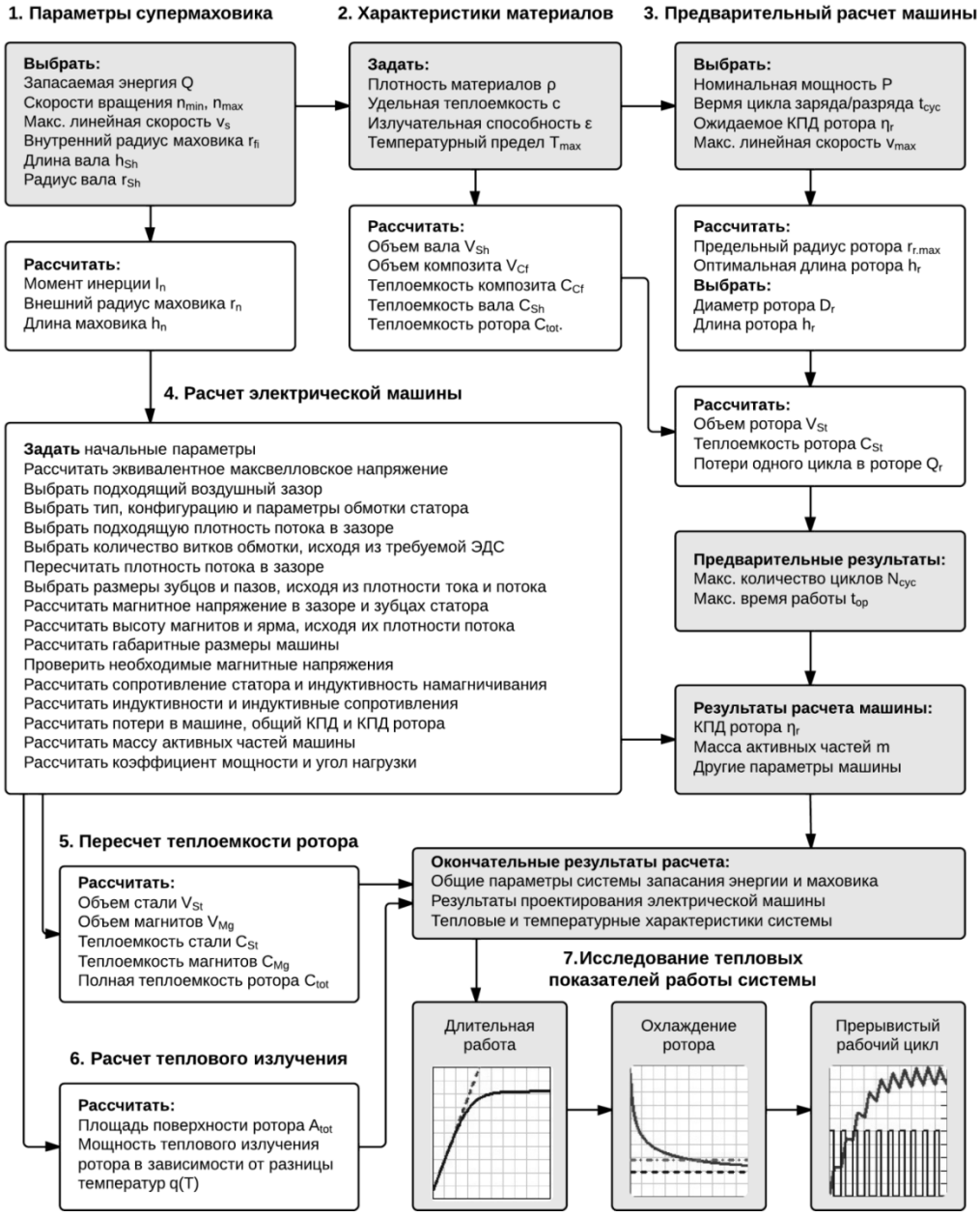


Рис. 1. Диаграмма последовательности выбора исходных данных системы, проведения расчетов и последующего анализа тепловых характеристик

Представленный метод позволяет быстро рассчитать начальные данные для проектирования электрической машины, провести тепловой анализ различных режимов работы и дает достаточно точное представление о температурных ограничениях системы. Для относительно больших супермаховиков наиболее важную роль играет

теплоемкость системы, которая позволяет машине провести определенное количество циклов преобразования энергии, прежде чем система достигнет предельной температуры. Для небольших супермаховиков с низкой теплоемкостью ротора, КПД ротора и достижимая мощность теплового излучения становятся более важными факторами, так как оптимальный режим работы такой системы находится вблизи температурного предела.

В первой части работы были заданы исходные параметры системы, а также свойства используемых материалов. Проведен расчет удельных теплоемкостей, а также характеристик теплового излучения. Рассчитаны основные размеры и характеристики маховика, исходя из свойств используемого композита и требований к запасаемой энергии и скоростям вращения.

Вторая часть работы состояла из предварительного расчета размеров электрической машины и общей теплоемкости системы, что позволяет оценить допустимое количество циклов преобразования энергии при заданном коэффициенте полезного действия (КПД) ротора, и является отправной точкой для проектирования машины. Далее метод проектирования трехфазной синхронной машины с возбуждением от постоянных магнитов использован для точного расчета параметров мотор-генератора по полученным ранее данным.

В третьей части работы проводился пересчет температурных характеристик ротора с учетом новых размеров и конфигурации электрической машины и более точный температурный анализ. Исследована возможность непрерывной работы системы, показана кривая нелинейного охлаждения ротора, а также составлено дифференциальное уравнение с учетом периодичного рабочего цикла машины, которое позволяет промоделировать любой вид рабочего цикла машины для нахождения оптимального режима работы системы.

Основным результатом проведенного расчета является временная характеристика повторно-кратковременного режима работы системы, представленная на рис. 2. Для моделирования такого режима, составлено дифференциальное уравнение теплового баланса с периодично изменяемой мощностью потерь в роторе. Предельный режим работы привода определен изменением соотношения времени работы и охлаждения машины, при котором температура ротора не превосходит максимально допустимого значения. Полученный из данного графика максимальный коэффициент заполнения выбран в качестве основного показателя производительности системы и является основой для проведенного далее исследования.

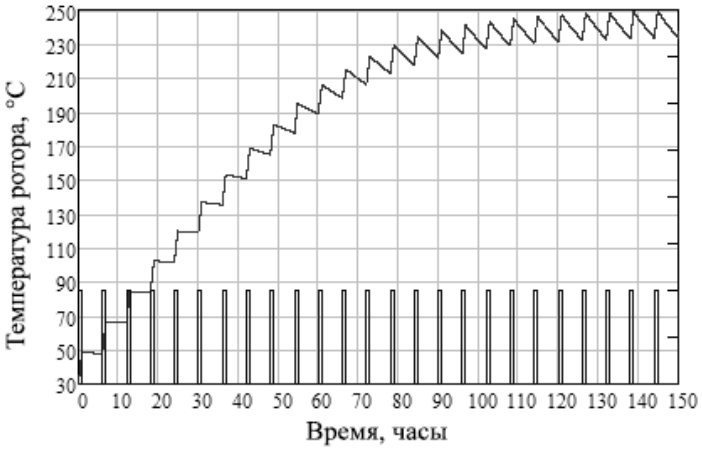


Рис. 2. Повторно-кратковременный режим работы

Одной из наиболее показательных зависимостей является зависимость максимального коэффициента заполнения от КПД ротора при различном количестве запасаемой энергии, представленная на рис. 3.

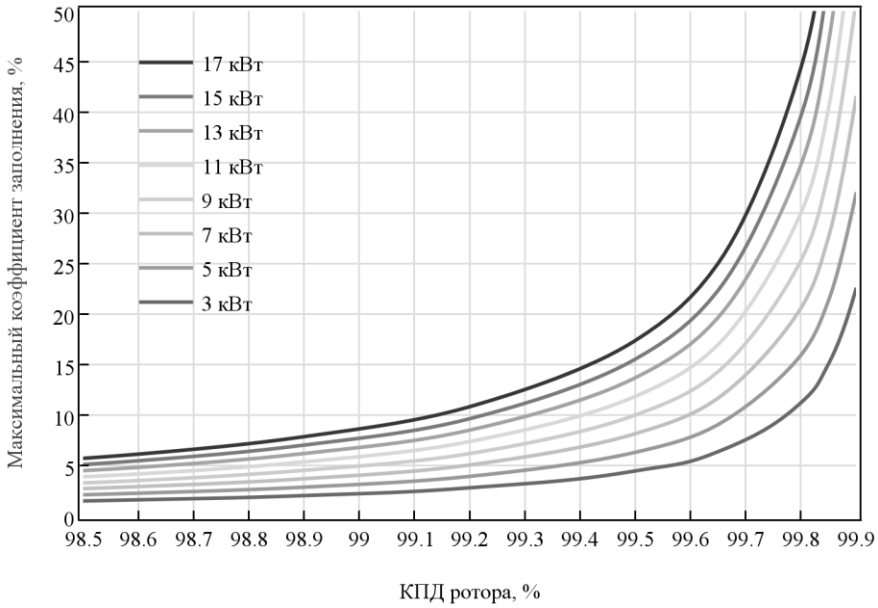


Рис. 3. Зависимость допустимого коэффициента заполнения от КПД ротора

Из полученного графика можно сделать выводы о качественном и количественном характере зависимости производительности. Из приведенного рис. 3 хорошо видно, что более высокие значения рабочего цикла для любого размера маховика могут быть достигнуты при более высокой эффективности, так как снижение потерь позволяет машине работать дольше без необходимости остановки из-за перегрева. Также крупные маховики имеют более высокие допустимые коэффициенты заполнения, из-за больших площадей поверхности композита, что способствует большей мощности излучаемой тепловой энергии и улучшает теплообмен.

Работа выполнена в рамках разработки устройств запасания энергии для возобновляемых источников в Лаппеенрантском технологическом университете припроектирования умной системы электроснабжения «Green Campus» (научно-техническая программа ЕС «Horizon 2020»).

Литература

1. Гулиа Н.В. Инерционные аккумуляторы энергии. – Воронеж, 1973. – 240 с.
2. Bolund B., Bernhoff H., Leijon M. Flywheel energy and power storage systems // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2007. – V. 11. – № 2. – P. 235–258.
3. Pyrhönen J. Design Process and Properties of Rotating Electrical Machines // Design of Rotating Electrical Machines, John Wiley & Sons. – 2008. – P. 301–428.
4. Schweitzer G., Maslen Eric H. Magnetic Bearings: Theory, Design, and Application to Rotating Machinery. – Dordrecht: Springer, 2009. – 550 p.

Тампер Ольга Катрина
Год рождения: 1991
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра вычислительной техники, группа № 6112
Направление подготовки: 230100 – Информатика и вычислительная техника
e-mail: olgatamper@gmail.com

УДК 004.056.53

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ЗАЩИТЫ ОТ АТАК НА ПОВЫШЕНИЕ ПРИВИЛЕГИЙ

О.К. Тампер
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.Ю. Щеглов

Направлением работы является разработка метода обеспечения информационной безопасности в части решения задачи защиты от атак на повышение привилегий. Задача исследований состоит в разработке нового метода защиты атак на повышение привилегий, основанного на реализации разграничительной политики доступа к сервисам олицетворения и объектам файловой системы. Исследование возможностей разработанного метода на примере операционных систем (ОС) семейства Windows.

В ходе работы была проведена разработка нового метода, основанного на реализации разграничительной политики доступа и оценка эффективности разработанного метода. Использовался матричный анализ, на основе использования модели «Харрисона–Руззо–Ульмана», для разработки требований к разработанному методу защиты от атак на повышение привилегий. Экспериментальная оценка влияния средства защиты на загрузку вычислительного ресурса системы была проведена с применением статистических методов обработки результатов экспериментов.

Из рассмотренной статистики видно, что атаки на повышение привилегий являются одной из актуальнейших проблем ОС Windows, таким образом, возникает необходимость разработки методов защиты от данного класса атак. Два основных способа, используемые в атаках на повышение привилегий в информационной системе, основаны на использовании особенностей построения системы, т.е. предоставляемых системой сервисов олицетворения, или на эксплуатации уязвимостей системных компонент.

Так как в современных информационных системах применяется мандатный и (или) дискреционный контроль доступа, то с использованием модели «Харрисона–Риззо–Ульмана» были разработаны корректные правила смены идентификаторов пользователей в системе.

Разработанный метод предусматривает:

- в отношении контроля сервисов олицетворения:
  - в субъект доступа включена сущность процесса;
  - контролируются запросы на смену исходных идентификаторов пользователей;
  - задаются правила запрещающие/разрешающие смену идентификаторов;
- в отношении атак, использующих уязвимости в системных процессах:
  - пользователю СИСТЕМА запрещается запуск всех файлов, созданных интерактивными пользователями;
  - пользователю СИСТЕМА запрещается запуск критичных пользовательских приложений;

– всем интерактивным пользователям запрещается модификация системных каталогов и файлов.

Разработанные разграничительные политики позволяют противодействовать атакам на повышение привилегий:

1. разграничительные политики для сервисов олицетворения показывают на конкретном примере, как корректно назначить правила олицетворения между различными пользователями, как системными, так и интерактивными;
2. использование составного субъекта доступа при доступе к ресурсам системы также позволяет однозначно задать, а далее уже при доступе и определить, какой именно субъект может обращаться к определенному ресурсу, а какой – такого доступа получить не может;
3. построены разграничительные политики для общего случая, когда неизвестно каким образом пройдет атака, будут ли использованы уязвимости системных процессов, если будут, то какие.

Новый метод, основан на реализации разграничительной политики доступа и оценки эффективности. Был использован матричный анализ на основе модели «Харрисона–Уззо–Ульмана» для разработки требований к методу защиты от атак на повышение привилегий. Экспериментальная оценка влияния средства защиты на загрузку была основана на применении статистических методов обработки результатов экспериментов. Результаты работы были апробированы на комплексном средстве защиты информации КСЗИ «Панцирь+». Разработанный метод может быть применен в системах защиты конфиденциальной информации. Доказана эффективность разработанного метода защиты, заключающаяся в том, что он позволяет задавать разрешенные смены идентификаторов пользователей, т.е. не приводящие к повышению привилегий пользователя, как для интерактивных, так и для системных пользователей. Любая же неразрешенная смена идентификатора пользователя будет предотвращена. Это позволяет защищать информационную систему от атак на повышение привилегий в общем случае. Была проведена оценка влияния средства защиты с настроенной разграничительной политикой в соответствии с разработанными требованиями. Влияние средства защиты на загрузку процессора при запуске приложения составило 1,35%, а при штатной работе приложения составило 0,01%, т.е. можно сказать, что средство защиты не оказывает никакого существенного влияния на загрузку системы.

Литература

1. Щеглов А.Ю. Защита компьютерной информации от несанкционированного доступа. – СПб: Наука и Техника, 2004. – 384 с.
2. Harrison M., Ruzzo W., Ullman J. Protection in operating systems // Communication of ACM. – 1976. – № 19(8). – P. 461–471.
3. Bell D.E., LaPadula L.J. Secure Computer Systems: Unified Exposition and MULTICS Interpretation. – Bedford MA: Corporation MTR-2997, 1976. – 129 p.
4. Обработка результатов измерений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://teachmen.ru/methods/phys_prac6.php, своб.

Ткачев Николай Русланович
Год рождения: 1991
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевых технологий, кафедра технологии молока и пищевой биотехнологии, группа № и6361
Направление подготовки: 240700 – Биотехнология
e-mail: rx-837@yandex.ru

УДК 637.146.3

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ КОКТЕЙЛЯ НА ОСНОВЕ КИСЛОМОЛОЧНЫХ НАПИТКОВ

Н.Р. Ткачев
Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.П. Сучкова

Одной из задач государственной политики в области здорового питания является обеспечение высокого качества и безопасности пищевых, в том числе молочных, продуктов, среди которых особое место занимают кисломолочные напитки (КМН) вследствие их высокой пищевой, биологической ценности и диетических свойств [1]. В последнее время ученые особое внимание уделяют разработке новых молочных продуктов с добавлением растительного наполнителя, придающего продукту лечебно-диетические свойства. Ухудшение состояния здоровья населения (особенно лиц подросткового и трудоспособного возраста) подтверждает необходимость создания функциональных продуктов, имеющих общеукрепляющее и иммуномодулирующее действие для всех групп населения [2]. Ассортимент таких продуктов необходимо расширять за счет создания продуктов с новыми наполнителями, в том числе на основе кисломолочных напитков. На рынке в широком спектре представлены молочные коктейли. Такой продукт обладает пищевой ценностью и заряжает энергией, повышает общий тонус организма и улучшает эмоциональное состояние человека. В качестве основы этих коктейлей используется цельное или нормализованное пастеризованное молоко и различные наполнители, которые позволяют придать напитку нежный и приятный вкус, позволяют смеси легко взбиваться.

К сожалению, далеко не все люди способны употреблять молоко в составе коктейля, поскольку многие из них обладают непереносимостью молочного сахара, но при этом они способны употреблять кисломолочные напитки, поскольку в них, лактоза находится в гидролизованном состоянии. В состав КМН входят ферменты, витамины, молочная кислота и другие вещества, образующиеся в процессе жизнедеятельности заквасочной микрофлоры, которые, в свою очередь, стимулируют работу пищеварительной системы, подавляют нежелательную микрофлору кишечника, оказывают благоприятное воздействие на обменные процессы в организме, его иммунитет. Потому эти напитки рекомендуются для диетического питания [1].

Наряду с питательностью и полезностью для здоровья важную роль в приемлемости продукта питания для потребителя играют также его внешний вид и текстура.

В свою очередь, при производстве кисломолочных напитков готовый продукт нередко характеризуется жидкой, неоднородной, хлопьевидной консистенцией, отстоем сыворотки. А кисломолочные коктейли, кроме того, должны отличаться способностью к взбиванию. Все это неизбежно ведет к использованию стабилизаторов.

В кисломолочных напитках содержится (86–89)% воды, в том числе (83–86)% свободной и только (3–5)% связанной. Применение стабилизаторов позволяет связать свободную воду, тем самым повысить вязкость, прочность сгустка, а кроме того сделать эту воду не доступной для микроорганизмов, что способствует увеличению сроков годности продуктов [1].

Целью работы являлась разработка рецептуры и технологии коктейля на основе кисломолочных напитков. Для достижения поставленной цели определены следующие задачи исследования:

1. изучить возможность применения в качестве основы для коктейля уже готовых кисломолочных напитков;
2. изучить возможность создания кисломолочной основы коктейля и подобрать вид микроорганизмов в качестве закваски для нее;
3. подобрать стабилизатор или систему стабилизаторов и определить стадию его внесения;
4. изучить влияние внесенного стабилизатора на процесс кислотообразования и время сквашивания смеси с целью уточнения отрицательного влияния со стороны стабилизатора;
5. подобрать наполнители с привлекательными и полезными для потребителя свойствами и для обогащения кисломолочного коктейля;
6. разработать рецептуру коктейля на основе результатов проведенных исследований;
7. разработать технологию производства коктейля;
8. рассчитать пищевую и энергетическую ценность кисломолочного коктейля.

Первым шагом данной работы был проведен социологически опрос среди разных возрастных групп для выбора кисломолочного напитка в качестве основы коктейля. После выбора КМН были проведены исследования, направленные на определение возможности применения этих напитков в качестве основы коктейля. Затем осуществлялся подбор закваски изучением органолептических свойств продуктов, сквашенных культурами на основе ацидофильной палочки и культурами термофильного стрептококка. Далее изучалась стадия введения стабилизатора, а также изучалось влияние стабилизатора на процесс кислотообразования. После этого разрабатывалась рецептура, проводилась отработка технологии коктейля, производился расчет пищевой и энергетической ценности.

В результате проведенной работы сформулированы следующие выводы.

1. Использование в качестве основы для коктейля готовых кисломолочных напитков нецелесообразно в связи со сложностью стабилизации смеси. Кроме того, при использовании готовых КМН вкус и запах наполнителя перебивается основой.
2. В качестве закваски был выбран вид микроорганизмов Str. Thermophilus. Использование данного вида микроорганизмов для производства кисломолочной основы коктейля позволяет сохранить вкус и запах наполнителя и получить продукт с хорошими органолептическими свойствами.
3. Было установлено, что вводить стабилизатор в смесь следует до стадии заквашивания смеси. Это связано с образованием при сквашивании достаточно устойчивой структуры продукта.
4. При изучении влияния внесенного стабилизатора на процесс сквашивания смеси установлено, что стабилизатор не оказывает негативного воздействия на кислотообразование и продолжительность сквашивания продукта.
5. В ходе социологического опроса установлено, что население отдает предпочтение следующим растительным компонентам:
   - чернослив;
   - вишня;

- курага;
- клубника.

6. На основании результатов проведенных исследований разработана рецептура кисломолочного коктейля (таблица).

Таблица. Рецептуры коктейля

Наименование сырья	Вид наполнителя				
	Чернослив с грецким орехом	Курага	Хурма	Вишневый сироп	Клубничный сироп
	Нормы расхода, кг				
Цельное молоко	55,20	57,50	57,50	62,53	59,76
Обезжиренное молоко	20,27	21,12	21,12	22,96	21,95
Закваска	3,77	3,93	3,93	4,27	4,09
Наполнитель	Чернослив – 12,00, Грецкий орех – 8,00	16,67	16,67	9,06	12,99
Ароматизатор, мл	–	–	–	0,32	0,4
Стабилизатор Агар 900	0,75	0,79	0,79	0,85	0,82
Итого	100	100	100	100	100

7. Технология и параметры производства кисломолочного коктейля.
   - Приемка сырья. Молоко принимают по массе и качеству, установленному лабораторией предприятия, также на основании сертификационных документов поставщиков. Сиропы, сухофрукты, пюре хурмы, закваску, и стабилизатор принимают согласно удостоверению качества и безопасности и сертификату соответствия по количеству, массе, внешнему виду и маркировке. Принятое молоко, при необходимости (если температура приемки выше (4±2)°С) подвергается охлаждению на пластинчатом охладителе до температуры (4±2)°С и далее направляется в резервуар для промежуточного хранения. Молоко хранится в резервуаре для промежуточного хранения не более 12 ч при температуре до 4°С и не более 6 ч при температуре (5–6)°С.
   - Нормализация молока. Молоко нормализуется до массовой доли жира 2,5% с учетом вносимой закваски.
   - Очистка и гомогенизация нормализованной смеси. Нормализованное молоко подогревается в секции Р1 ОПУ до температуры (40±5)°С, затем подается на сепаратор-молокоочиститель. После подогревается в секции Р2 ОПУ до температуры (60–65)°С и далее поступает в гомогенизатор, где гомогенизируется при давлении (15±2,5) МПа.
   - Пастеризация и охлаждение нормализованной смеси. Гомогенизированное молоко пастеризуется при температуре (90–92)°С с выдержкой 2–8 мин. После пастеризации и выдержки молоко охлаждается до температуры (40±2)°С.
   - Внесение стабилизатора, созревание. В охлажденную смесь вносят стабилизатор агар-агар, в количестве, предусмотренном рецептурой, перемешивают в течение 10–15 мин до получения однородной консистенции, после оставляют смесь на созревание в течение 2–3 ч.
   - Заквашивание и сквашивание смеси. В смесь вносят закваску термофильного стрептококка в количестве 5%, сквашивают в течение 6–8 ч при температуре (40±2)°С до титруемой кислотности (65–70)°Т.

- Перемешивание и охлаждение сгустка. Сгусток охлаждают до температуры 25−35°С, затем перемешивают в течение 15–20 мин.
- Внесение компонентов. Сироп и ароматизатор или измельченные сухофрукты вносят в резервуар с частично охлажденной кисломолочной основой согласно разработанной рецептуре. Для того чтобы обеспечить продолжительное хранение коктейля предусмотрена тепловая обработка сиропа и сухофруктов при их подготовке к внесению, а также смешивание компонентов в герметичных условиях. После внесения компонентов продукт охлаждают с использованием трубчатого охладителя.
- Розлив и хранение продукта. Охлажденный сгусток подают на розлив. После розлива продукт хранится в холодильной камере при температуре (4±2)°С.

8. Рассчитана пищевая и энергетическая ценность:
   - для кисломолочного коктейля с курагой энергетическая ценность составляет 82,15 ккал/100 г;
   - для кисломолочного коктейля с черносливом и грецким орехом –128,3 ккал/100 г;
   - для кисломолочного коктейля с хурмой – 55,41 ккал/100 г;
   - для кисломолочного коктейля с вишневым сиропом – 63,20 ккал/100 г;
   - для кисломолочного коктейля с клубничным сиропом – 66,82 ккал/100 г.

Литература

1. Зобкова З.С., Фурсова Т.П. О консистенции кисломолочных продуктов // Молочная промышленность. – 2002. – № 9. – С. 31–32.
2. Пакен П. Функциональные напитки и напитки специального назначения. – СПб: Профессия, 2010. – 496 с.

Успенский Андрей Борисович
Год рождения: 1968
Инженерно-физический факультет, кафедра информационных технологий топливно-энергетического комплекса, группа № 6202
Направление подготовки: 241000 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы и химические технологии, нефтехимии и биотехнологии.
e-mail: andreyuspensky@rambler.ru

УДК 541.4, 618.3

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВО-ХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ДЛЯ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА БАРИЕВЫХ ФТОРИДФОСФАТНЫХ СТЕКОЛ

А.Б. Успенский
Научный руководитель – д.х.н., профессор А.А. Слободов

Реальность достижений современной науки и требования новейших технологий заставляют все больше и больше применять и изучать сложные многокомпонентные и многофазовые системы.

Зная, что свойства этих систем зависят от их точного фазово-химического состава, фазовых и химических превращений и от параметров состояния, устанавливая

эти зависимости в широком диапазоне многообразия параметров, можно получить мощный инструмент для исследования этих систем.

Часто поставленные задачи столь сложны, что применение эксперимента для их решения малоэффективно или совсем не применимо. Существуют определенные трудности и при решении таких сложных задач теоретическими методами.

С грустью приходится признать, что многие методики, по которым рассчитывают химические и фазовые равновесия, были разработаны для очень малого вида реальных систем, и часто они не могут обеспечить правильность описания и надежность результата, а для многосложных систем дают слишком сомнительный результат.

К современным стеклам различного назначения предъявляются жесткие требования по их составу и свойствам. Поскольку современные стеклообразные системы представляют собой, как правило, высококомпонентные системы, то экспериментальное изучение и целенаправленное управление этими свойствами представляет собой во многом не решенную на сегодня задачу. В то же время теоретическое физико-химическое изучение этих вопросов, обладая весьма высокими потенциальными возможностями, сдерживается недостаточно эффективным использованием современного модельного и расчетного аппарата. В связи с этим основной задачей представленной работы явилось выявление наиболее эффективных методов расчета и систем термодинамических данных с целью последующего применения их для исследования указанных стеклообразующих систем.

Анализ результатов моделирования и расчетов. Для исследования была выбрана типичная фторидфосфатная стеклообразующая система (бесщелочные стекла). Основными компонентами ее являются метафосфат бария $Ba(PO_3)_2$ и BaF_2 в соотношении 4/1 (молярные доли).

В реальных же системах наличие примесей даже в микроколичествах, (например – 0,01%), существенно сказывается, на стеклах самого различного назначения (оптических в первую очередь).

В силу наиболее вредного воздействия на физико-химические и эксплуатационные свойства стекол (электропроводность, появление окраски, потеря прозрачности и пр.) в данной работе был проведен комплекс исследований по термодинамическому моделированию и расчету поведения и свойств, изученных ранее фторидфосфатных стекол, но уже с учетом влияния «примесного» компонента – оксида железа (III) – Fe_2O_3.

Учитывая, известные свойства по высокой гигроскопичности фторидфосфатных систем, особый интерес представляло влияние водной составляющей, избавиться от которой практически никогда не удается. Даже в ничтожных количествах водород воды, как известно, чрезвычайно сильно меняет физико-химические свойства системы в целом.

Исходя из этого, нами было изучено влияние температурного фактора на рассматриваемую стеклообразную систему с примесями оксида железа в отсутствии водного компонента и, соответственно, вторым важным аспектом было влияние водного компонента на рассматриваемую стеклообразную систему (также с учетом примесей).

Влияние температуры на протекание фазово-химических превращений в бариевофторидфосфатной системе с примесями окисленного железа. Изучались фазовые равновесия в выше указанной фторидфосфатной системе в присутствии окисленного железа: $0{,}8Ba(PO_3)_2–0{,}2BaF_2–0{,}01Fe_2O_3$ в диапазоне температур от 270 до 2300 К.

Указанная область температур полностью охватывает не только диапазон условий синтеза стекол, но и область их эксплуатации (от комнатных температур, до порядка 2000 К), а также и несколько превышает его, учитывая вполне возможные отклонения реальных условий от технологических нормативов.

Даже при комнатных температурах (рисунок, а) смешение указанных трех компонентов (фосфата и фторида бария, оксида железа) ведет к образованию новых соединений, обусловленных наличием как основных компонентов, так и «примесного».

Последующее повышение температуры оставляет неизменным фазовый состав системы в относительно широкой области – до температур около 900°С. Лишь при достижении 1165 К происходят существенные превращения в системе. И опять их главной движущей силой является «примесная» «железная составляющая» – фосфат железа. В этих условиях она вступает во взаимодействие с фторидом бария BaF_2 (несмотря на его весьма высокую химическую стойкость), с протеканием уже гетерогенной реакции:

$$7BaF_2+4FePO_4=4FeF_{3(газ)}+Ba_7(PO_4)_4F_2. \quad (1)$$

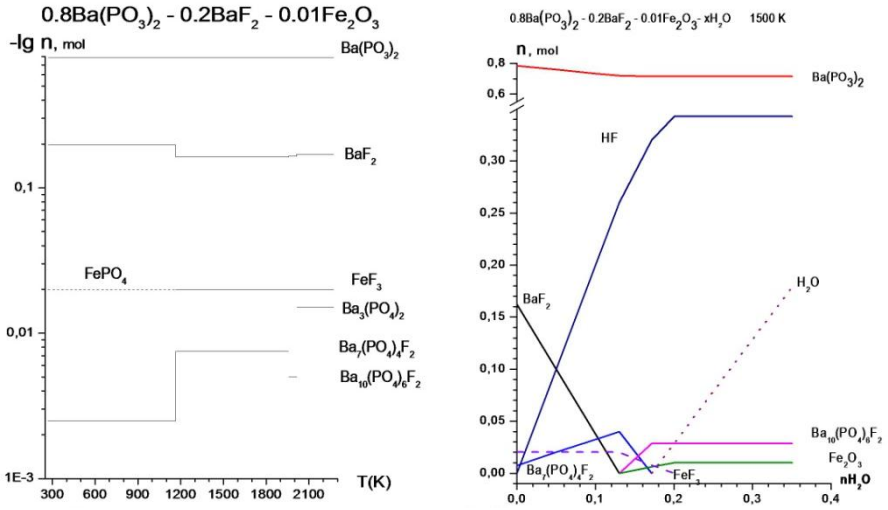
Далее, при последующем нагреве система остается в стабильном состоянии вплоть до температуры 1957 К.

Дальнейший рост температуры (при 2015 К) приводит в конечном итоге к термическому распаду смешанного фторидфосфата $Ba_{10}(PO_4)_6F_2$ с образованием более термически устойчивых «чистых» фосфата и фторида бария:

$$Ba_{10}(PO_4)_6F_2=3Ba_3(PO_4)_2+BaF_2. \quad (2)$$

Таким образом, получено, что ввод всего лишь 1 мол.% «примесей» железа (Fe_2O_3) влекут за собой весьма сложные и многообразные фазовые и химические превращения, что, в свою очередь, позволяет объяснить и выявить физико-химическую сущность наблюдаемых на практике (и отмеченных выше) отклонений в эксплуатационных характеристиках в рассматриваемых системах.

При расчете фазовых превращений мы можем видеть, как влияет содержание воды на взаимодействия фосфатного и фторидного компонентов системы для 1500 К. Видно, что вода помогает образовываться, как тетра-, так и гекса фосфатфториду (рисунок, б).



а б

Рисунок. Влияние температуры на протекание фазовых превращений во фторидметафосфатной системе с добавлением примеси оксида железа (а) и влияние степени гидратированности на протекание высокотемпературных фазовых превращений во фторидфосфатной системе с добавлением примеси оксида железа при 1500 К (б)

Далее и выше указанной границы вода практически не оказывает влияния на поведение системы и полностью переходит в несвязанное, газообразное состояние.

1. Проведен обоснованный выбор методов моделирования и расчета фазово-химических превращений и равновесий в многокомпонентных стеклообразующих системах.
2. Определены наиболее надежные системы термодинамических функций для возможных продуктов взаимодействия для бариевофторидфосфатной стеклообразующей системы с наличием примесного компонента на основе железа: $Ba(PO_3)_2$–BaF_2–H_2O–Fe_2O_3.
3. Для системы $0{,}8Ba(PO_3)_2$–$0{,}2\ BaF_2$–xH_2O–$0{,}01Fe_2O_3$ при температурах 298 и 1500 К получено влияние водной составляющей исследуемой системы на гомо- и гетерогенные превращения в стекломассе и в процессах ее улетучивания в области концентраций связанной воды до 40 мол.%.
4. Для системы $0{,}8Ba(PO_3)_2$–$0{,}2BaF_2$–$0{,}01Fe_2O_3$ изучено влияние температуры на протекание фазовых превращений в области температур при температурах от 270 до 2300 К, определены температурные поля устойчивости и температуры фазовых превращений.
5. Показано существенное влияние окисленного железа даже в незначительных количествах на протекание самых разнообразных фазовых и химических превращений в изучаемых фторидфосфатных стеклах с образованием различных «чистых» и смешанных фосфатов и фторидов бария и железа, а также существенного улетучивания этих соединений с повышением температуры.

Литература

1. Писарева Я.Е. Термодинамическое исследование стеклообразующих систем BaO–P_2O_5–MF_2–H_2O (M=Mg, Ca, Sr, Ba) при 298–2000 К. – Дисс. … канд. хим. наук. На правах рукописи. – СПб, 2000.
2. Абрамзон А.А., Славин А.А., Слободов А.А. О температурной зависимости термодинамических функций испарения // Журнал прикл. химии. – 1985. – Т. 58. – № 3. – С. 494–500.
3. Слободов А.А. Моделирование и расчет равновесий в водно-неорганических системах в широком диапазоне параметров состояния // Тр. Всес. сем. «Термод. и нетрадиц. мет. получ. ферритов». – 1989. – С. 66–70.
4. Слободов А.А., Писарева Я.Е. Термодинамические свойства фосфатов и фторфосфатов щелочноземельных элементов // СПбГТИ(ТУ). – 2000. – Деп. в ВИНИТИ 18.09.00. – № 2786-В00. – 12 с.

Хомидов Фирдавс Баротович
Год рождения: 1990
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевых технологий, кафедра технологии молока и пищевой биотехнологии, группа № и6361
Направление подготовки: 240700 – Биотехнология
e-mail:xomidov-90@mail.ru

УДК 637.146.34

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА С МУКОЙ АМАРАНТА

Ф.Б. Хомидов
Научный руководитель – к.т.н., доцент Т.Н. Евстигнеева

Кисломолочные продукты играют исключительно важную роль в питании человека, служат важным фактором профилактики и лечения различных заболеваний. В последнее время особое внимание уделяется разработке и внедрению кисломолочных продуктов функционального назначения для различных групп населения. Одним из путей повышения качества и расширения ассортимента кисломолочных продуктов является использование нетрадиционного растительного сырья, содержащего в своем составе сбалансированный комплекс белков, липидов, минеральных веществ, витаминов, обладающего высокими питательными свойствами, имеющего хорошие вкусовые характеристики [1].

Одним из перспективных видов растительного сырья для получения широкого ассортимента различных пищевых добавок функционального назначения является амарант [2, 3].

Если взять содержание 8 незаменимых аминокислот за 100 баллов, то пшеница набирает 57, соя – 63, молоко – 72, амарант – 75. В белках сои, чечевицы, гороха, фасоли недостаточно серосодержащих аминокислот: метионина, цистеина; также в белках злаков невысокое содержание лизина, треонина, фенилаланина, тогда как белок амаранта по соотношению аминокислот входит в число лучших белков растительного происхождения. Использование в пищу белка семян амаранта делает питание человека более полноценным и сбалансированным по аминокислотному составу.

Цель работы − разработка рецептуры и технологии кисломолочных напитков с мукой амаранта.

На первом этапе работы выбран рациональный способ введения муки амаранта в нормализованную молочную смесь. Установлено, что при производстве жидких молочных продуктов с мукой амаранта наполнитель следует вносить в небольшой объем нормализованного по массовой доле жира молока при температуре 60°С, при постоянном перемешивании подогревать полученную смесь до 90°С, выдерживать в течение 10−15 мин, охлаждать до температуры 20−30°С, а затем смешивать ее с основной массой нормализованного молока.

Одной из задач исследования явилось изучение влияния массовой доли муки амаранта на процессы ферментации молочно-растительной смеси, а также показатели качества продукта.

В ходе проведения эксперимента вышеуказанным способом подготавливали опытные образцы, при этом дозу муки варьировали от 1 до 6% с шагом 1%. Контролем служил образец без внесения наполнителя.

Опытные и контрольный образцы пастеризовали при температуре (92±2)°С с выдержкой 5 мин, охлаждали до температуры (40±2)°С, вносили закваску, приготовленную на основе Streptococcusthermophilus (доза закваски составляла 3%), помещали в термостат с такой же температурой. Через каждый час определяли титруемую кислотность и pH смесей. Сквашенные образцы охлаждали до 6°С, выдерживали при этой температуре в течение суток, затем повышали их температуру до 20°С и оценивали по органолептическим показателям, титруемой кислотности, вязкости (на вискозиметре ВЗ-246), синеретическим свойствам (центрифугированием).

Отмечено, что внесение наполнителя несколько активизировало процесс кислотонакопления в смесях. Так, в образцах с массовой долей муки 1 и 6% по истечении 5 ч сквашивания титруемая кислотность составляла от 72 до 80°Т (в контрольном образце − 62°Т). Можно предположить, что при введении в смесь наполнителя она обогащается веществами, оказывающими стимулирующее действие на развитие микроорганизмов закваски.

Установлено, что внесение муки амаранта существенно увеличило вязкость сгустков. Так, например, значения условной вязкости образца с массовой долей наполнителя 6% примерно в 5 раз превышали условную вязкость контрольного образца. Как и ожидалось, введение в состав смеси муки амаранта повысило влагоудерживающую способность молочно-растительных сгустков.

Отмечено, что в образцах с массовой долей муки амаранта более 4% на протяжении всего опыта отделение сыворотки не наблюдалось вовсе.

Доза наполнителя оказала значительное влияние на внешний вид, вкус и консистенцию продукта. Во всех опытных образцах наблюдался осадок наполнителя, однако он был довольно рыхлым, после перемешивания равномерно распределялся по всему объему продукта и при дальнейшей выдержке его оседания не происходило. Этот факт свидетельствует о том, что при производстве кисломолочных продуктов с внесением муки амаранта более предпочтительным является резервуарный способ производства.

Добавление муки амаранта придало продукту кремовый цвет. По мере увеличения дозы наполнителя усиливался привкус наполнителя (в диапазоне от 1 до 4% он был довольно приятным и не ухудшал качество продукта, в образцах с 5 и 6% выражен излишне).

Характеристика консистенции продукта менялась от «однородная, с еле заметной мучнистостью» − (массовая доля муки 1%), «однородная, достаточно пластичная, сметанообразная» − (массовая доля муки 4%) до «густая, кашеобразная» − (массовая доля муки 6%).

По результатам проведенных исследований сделан вывод о том, что при производстве кисломолочных напитков с мукой амаранта доза наполнителя не должна превышать 4%.

Известно, что при производстве кисломолочных напитков закваска является важнейшим фактором, формирующим их качество. Изучали, следует ли учитывать при выборе бактериальной закваски, предназначенной для производства кисломолочных напитков с мукой амаранта, вязкость образуемого ею сгустка. Были выработаны два образца продукта с массовой долей муки амаранта 4%, в первом случае использовали закваску, придающую сгустку вязкую консистенцию, во втором – невязкую.

Особое внимание обращали на распределение наполнителя по всему объему образца в процессе перемешивания по окончании сквашивания смеси. Отмечено, что в образце с вязкой закваской мука амаранта, осевшая на дно емкости, распределялась заметно хуже, сгусток имел излишне вязкую, даже слизистую консистенцию. Условная вязкость сгустка в первом случае составила 152 с, во втором – 230 с. Сделан вывод о нецелесообразности применения при производстве кисломолочных напитков с

амарантовой мукой бактериальной закваски, придающей сгустку вязкую консистенцию.

В ходе проведения работы подтверждено стимулирующее действие лактулозы на развитие термофильного стрептококка. Для получения продукта с наиболее высокими потребительскими свойствами предложено в состав нормализованной смеси при производстве кисломолочных напитков с мукой амаранта вводить сироп лактулозы «Лактусан» в количестве 0,5%.

С целью расширения ассортимента продукции произведен подбор наполнителей для придания продукту вкуса, предпочтительного для широкого круга потребителей. Рекомендовано использовать такие вкусовые наполнители, как фруктовые джемы (черносмородиновый) или сиропы (шиповника). Применение фруктовых или ягодных пюре нецелесообразно, так как приводит к ухудшению консистенции готового продукта.

Изучение показателей качества нового кисломолочного напитка в процессе холодильного хранения показало, что введение в его состав муки амаранта способствует получению более стабильной консистенции продукта, не оказывая влияния на срок годности.

Таким образом, в результате проведенных исследований изучено влияние компонентного состава кисломолочного напитка с мукой амаранта на формирование качества продукта, разработана рецептура и уточнены параметры технологического его производства. Разработан проект технической документации (технические условия и технологическая инструкция) на йогурт с мукой амаранта.

Литература

1. Забодалова Л.А. Функциональные пищевые продукты – путь к здоровью // Переработка молока. – 2006. – № 11. – С. 8−11.
2. Кононков П.Ф., Гинс В.К., Гинс М.С. Амарант перспективная культура XXI века. – М.: Изд. дом Евгения Федорова, 1997. – 160 с.
3. Камышева И.М. Разработка технологий комплексной переработки семян амаранта на пищевые цели: Автореферат дис… кандидата технических наук. − СПб, 2000. – 39 с.

Чирскова Марина Владимировна
Год рождения: 1991
Факультет точной механики и технологий,
кафедра технологии приборостроения, группа № 6657
Направление подготовки: 200100 – Приборостроение
e-mail: chirskova@bk.ru

УДК 65.011.56

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИК ПЛАНИРОВАНИЯ И ДИСПЕТЧИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

М.В. Чирскова
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А Саломатина

В настоящей работе приведены результаты исследования различных методик планирования и диспетчирования, как одного из управленческих решений, направленных на снижение временных и материальных затрат на производство

изделий. Данное направление исследования является актуальным, в силу отсутствия понимания важности внедрения таких технологий на российских предприятиях (а на тех предприятиях, на которых они внедрены, планирование ведется на интуитивном уровне).

В ходе работы был составлен обзор существующих и наиболее используемых в российской промышленности автоматизированных систем планирования (Peactor, 1CERP УП 2.0, Zenith SPPS). А также были выявлены их основные преимущества и недостатки:

- Preactor (APS-система) – система позволяет производить планирование по различным сценариям и с множеством ограничений, в том числе и вторичных. Однако не позволяет отслеживать выполнение плана;
- Zenith SPPS – автоматизированная система поддерживает модуль контроля выполнения плана, однако позволяет планировать только по одной методике (пооперационной метод);
- 1CERP УП 2.0 – автоматизированная система поддерживает модуль контроля выполнения плана, реализован механизм планирования по двум основным методикам (по ключевому рабочему центру и пооперационный метод). Еще одним преимуществом системы является ее «привязка» к другим модулям 1С, что позволяет наиболее точно координировать бизнес-процессы предприятия.

Внедрение автоматизированной системы планирования на промышленном предприятии необходимо для автоматизации и регуляции процессов оперативно-календарного планирования, поддержания равномерной загрузки производственных подразделений, улучшения координации между производственными подразделениями и систематизации данных о заказах, находящихся в производстве.

Основной **целью работы** являлось проектирование процессов планирования и диспетчирования в выбранной ERP-системе, а также последующий анализ их работоспособности и целесообразности.

В контексте данной работы был проведен анализ существующих проблем процессов планирования выбранного промышленного предприятия (ЗМК «Ленмонтаж»), а также анализ имеющегося программного обеспечения. Было выявлено, что основная проблематика заключается в следующем:

- на предприятии неорганизовано единое информационное пространство, и как следствие, данные по заказу находятся в разрозненном состоянии;
- нет такого инструмента, как нормирование;
- нет понимания о необходимости маршрутных и операционных карт;
- дублирование потоков бумажной и электронной документации.

Кроме этого, для более качественного анализа, были составлены две функциональные модели: функциональная модель процессов планирования, имеющая место в настоящем времени (рис. 1) и функциональная модель процессов планирования при условии возможной автоматизации работы планового отдела выбранного промышленного предприятия (рис. 2), диспетчеров и механизма планирования производства в целом.

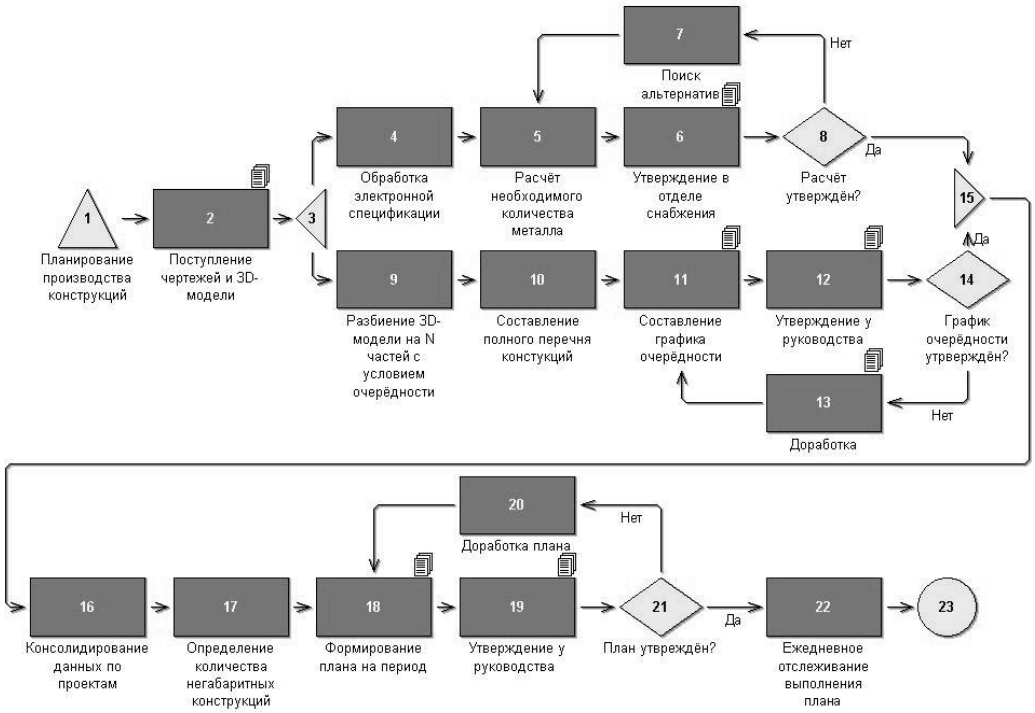


Рис. 1. Функциональная модель планирования производства конструкций на ЗМК «Ленмонтаж»

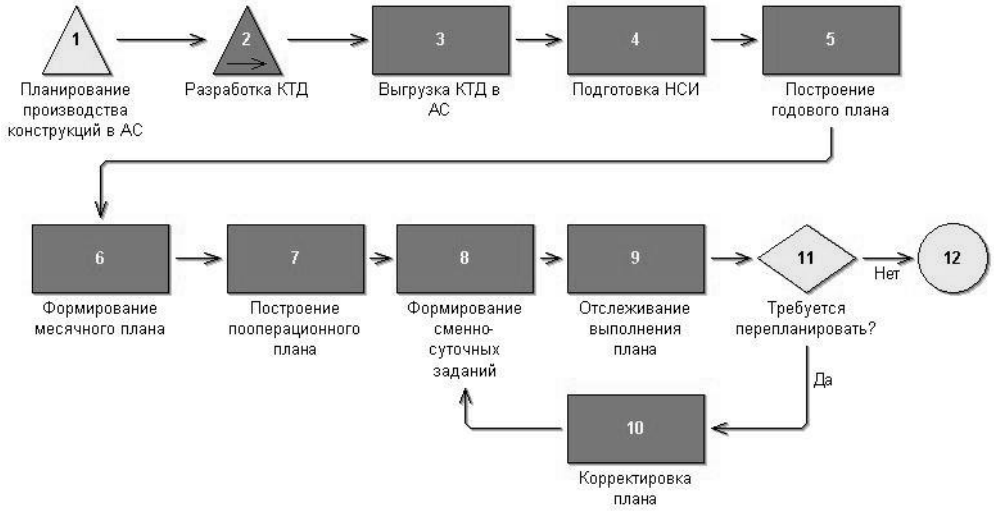


Рис. 2. Функциональная модель планирования производства конструкций с учетом внедрения автоматизированной системы

В данной работе рассматривался вариант возможной адаптации автоматизированной системы планирования под условия ЗМК «Ленмонтаж». На примере одного из заказов был разработан и осуществлен механизм создания ресурсных спецификаций, рабочих центров и маршрутных карт. При помощи имеющегося в системе арсенала средств, были отработаны такие механизмы как: планирование, а также последующий контроль исполнения производственных процессов – были «просимулированы» несколько сценариев планирования производственного процесса и была произведена последующая оценка влияния различных факторов на время выполнения всего заказа. Весь процесс производственного планирования был оценен на двух уровнях – уровне глобального и локального диспетчеров. А так как выбранная автоматизированная система планирования позволяет осуществлять не только процесс оперативного планирования,

но и отслеживать выполнение заказов, для возможного внесения в ход производственного процесса, то в работе была показана реализация и этого механизма.

В ходе работы были сделаны следующие выводы.

1. Были изучены различные методики планирования – по ключевому рабочему центру и пооперационное планирование.

Пооперационное планирование применяется в тех случаях, когда необходима фиксация времени каждой операции, а по ключевому рабочему центру – тогда, когда от работы одного рабочего центра зависит время исполнения всего заказа, дальнейшая работа других рабочих центров и структурных подразделений. В случае пооперационного планирования необходимо формировать маршрутную карту, а в случае планирования по ключевому рабочему центру необходимо задавать его параметры, время до/после начала его работы и время его работы.

2. Произведена оценка времени производства заказа, в зависимости от различных влияющих факторов (доступности материалов, доступности станков, производство относительно других заказов). Чем больше ограничений – тем больше время производства изделия.

На основании этих оценок можно определять плановые даты готовности заказов, а также производить анализ существующих планов и рассматривать возможность ликвидации «слабых» мест или, к примеру, возможность улучшения плановых дат готовности.

3. Опытным путем подтверждено, что выбранная автоматизированная система обладает механизмами управления приоритетами заказов, таким образом, решается проблема планирования внеочередных и срочных заказов.
4. Произведена симуляция процессов планирования в выбранной автоматизированной системе на двух производственных уровнях: глобального и локального диспетчеров.

Между собой уровни отличаются различной степенью детализации процессов производственного планирования. Глобальный диспетчер обеспечивает исполнение процессов планирования на общезаводском уровне, а локальный – на внутрицеховом. Эти процессы могут рассматриваться по отдельности, но, тем не менее, – они взаимосвязаны, и для понимания общей картины необходимо производить планирование на обоих уровнях.

5. Исследованы механизмы контроля работ в выбранной автоматизированной системе, одними из которых являются блоки для формирования и управления маршрутными листами (формирование сменно-суточных заданий) для наилучшей координации работы производственных подразделений и выявления производственных проблем. Также это позволяет координировать запасы материалов на складах и минимизировать количество простоев по причине отсутствия таковых.

Литература

1. Бухалков М.И. Внутрифирменное планирование. Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 392 с.
2. Дуболазов В.А. Оперативно-календарное планирование на промышленном предприятии. – СПб, 2000. – 36 с.
3. Бобко И.М. Об оптимизации оперативного управления // В кн.: Моделирование процессов управления промышленным производством. – Новосибирск: Наука, 1981. – С. 3–7.
4. Коростелева Е.М. Экономика, организация и планирование машиностроительного производства. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1984. – 448 с.

Шамилишвили Давид Автандилович
Год рождения: 1991
Гуманитарный факультет, кафедра прикладной экономики и маркетинга, группа № 6072
Направление подготовки: 080100 – Экономика
e-mail: david-pizza@mail.ru

УДК 33.334.72

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО АУДИТА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

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

По мере продвижения экономики к более наукоемкой модели развития растет доля и значимость научно-технической продукции (НТП). В связи с этим формируются определенные потребности в оценке отдельно взятого НТП. Технологический аудит (ТА) является инструментом оценки НТП.

НТП – это научный и (или) научно-технический результат, в том числе результат интеллектуальной деятельности, предназначенный для реализации.

Под ТА НТП понимается – процесс поиска, анализа и последующей экспертной оценки перспектив и целесообразных форм коммерциализации НТП на основе определенных методических документаций. ТА заканчивается отчетом, в котором определяются соответствующие потенциальные действия и возможности их реализации [1].

Приступая к ТА необходимо понимать следующее:

1. ТА должен быть инициирован руководством;
2. персонал исследуемой организации должен быть ознакомлен с целями и методом оценки технологий;
3. должно быть полное участие и поддержка всего персонала на всех этапах ТА;
4. процесс оценки технологии должен фокусироваться на отдельных научных и технических сотрудниках и быть сконцентрирован на установлении их сильных сторон и областей особенного интереса, а также их квалификации;
5. оценка технологии не должна управляться чисто со стороны, например, внешними консультантами; эта работа должна проводиться при значительном участии работников организации;
6. суждения отдельного эксперта могут быть субъективными; для проведения ТА целесообразнее формировать группу экспертов;
7. продолжительность ТА может достигать нескольких месяцев;
8. проведение ТА самостоятельно автором имеет как положительные стороны, так и отрицательные: с одной стороны, глубокое знание своей идеи и широкое знание определенной научной области – это плюсы, с другой стороны, необъективность оценок по причинам затраченного квалифицированного труда, поверхностность оценок, переоценка возможностей коллектива по коммерциализации НТП – это минусы;
9. необходимость сохранения полученной конфиденциальной информации аудиторами [4].

Также ТА НТП предполагает наличие теоретических вопросов и практических проблем, связанных с его проведением.

На основе анализа изученной литературы, в том числе схемы проведения ТА НТП специализированной консалтинговой организацией IRC RECITAL (Пиза, Италия) [2] сформулированы следующие наиболее важные теоретические вопросы: рыночный потенциал (размер рынка, динамика роста, доступность рынка, уровень прибыльности); качество продукта (степень уникальности, экологические параметры и т.д.); осуществимость технологии (достоверность концепции, новизна концепции, техническая готовность, регламентные ограничения); ресурсообеспеченность технологии (материальная обеспеченность, длительность полного цикла разработки, финансовая обеспеченность, кадровая обеспеченность); защищенность интеллектуальной собственности (наличие патентов, ясность прав на интеллектуальную собственность); наличие бизнес-плана по коммерциализации НТП; анализ уже выполненных шагов по коммерциализации НТП, в том числе неудавшихся (переговоры с партнерами, инвесторами и т.д.); подготовка резюме проекта; анализ препятствий и рисков, связанных с коммерциализацией конкретной НТП.

К практическим проблемам проведения ТА НТП можно отнести: субъективность суждения отдельного эксперта; частое отсутствие заинтересованности в прохождение ТА; продолжительность проведения ТА, достигающая нескольких месяцев; проблема конфиденциальности информации; проблема составления анкет. Проведение ТА самостоятельно автором НТП также формирует как практические проблемы, так и может сформировать положительные стороны [2], отображенные в табл. 1.

Таблица 1. Положительные стороны и практические проблемы проведения ТА НТП автором

Положительные стороны	Практические проблемы
Глубокое знание своей идеи	Высока вероятность необъективной оценки НТП автором, по причине затраченного им квалифицированного труда и времени
Широкое знание в данной области	В силу своей профессиональной специализации авторы НТП поверхностно оценивают стоимость коммерциализации и рыночные перспективы
	Высокая вероятность переоценки возможности своего коллектива по коммерциализации НТП

Как правило, самостоятельный ТА не всегда отражает реальную картину, поэтому проведение ТА сторонними лицами либо организациями предпочтительнее. Однако наиболее приемлемый вариант – это консолидация сторонних аудиторов и разработчиков НТП при проведении ТА.

На основе анализа экономической литературы можно выделить следующие методики: LIFT (LinkingInnovation, FinanceandTechnology), бальная методика LIFT и методика TAME^{TM} (TechnologyAndMarketEvaluation) [1]. Стоит заметить, что информация, связанная с методиками проведения ТА, довольно закрыта. В особенности это касается персональных методик различных организаций, осуществляющих ТА. Несмотря на то, что вышеперечисленные методики ТА являются общедоступными, они лишь шаблоны, так как ТА любого, отдельно взятого НТП – это уникальный процесс, требующий особого подхода.

Основные характеристики этих методик представлены в табл. 2.

Таблица 2. Основные характеристики методик ТА

ТА по методике LIFT	ТА по балльной методике LIFT	ТА по методике TAME™
Три основных этапа методики: 1. заполнение анкеты; 2. интервью; 3. заключение	Оценка НТП через индикаторы, имеющих балльный диапазон от 1 до 5	Пять основных критериев оценки: 1. сильные стороны и обширность рыночных применений, обеспечиваемых объектом интеллектуальной стоимости; 2. сущность новой технологии; 3. проблемы коммерциализации технологии; 4. проблемы содействия процессу коммерциализации технологии; 5. коммерческие вопросы
	Индикаторы формируются самостоятельно аудиторами	
Модульный принцип методики: 1. общие сведения о проекте НТП и организации; 2. стадия развития проекта коммерциализации технологии; 3. научно-технологический потенциал проекта; 4. правовая оценка интеллектуальной собственности и стратегия ее использования; 5. кадровый потенциал коллектива проекта НТП; 6. соответствие международным стандартам; 7. уровень менеджмента организации, коммерческая зрелость проекта	Индикаторы делятся на две группы: 1. индикаторы привлекательности; 2. индикаторы, определяющие риски	
	Максимальная сумма по индикаторам привлекательности – 50 баллов (10 индикаторов по 5 баллов)	
	Рисковые индикаторы оцениваются в обратном порядке: если индикатор имеет значение 2, то из суммы, полученной по группе индикаторов привлекательности проекта, вычитается 1 балл, а если значение индикатора равно 1, то из названной суммы вычитается 3 балла	
	Проект НТП, набравший 40 и более баллов, является готовым к реализации, от 25 до 40 – требующим доработки, менее 25 – проблемным	Для каждого раздела разработан вопросник с ранжированными ответами по пятибалльной шкале
		Максимальное число баллов 200

Основные характеристики методик проведения ТА НТП. ТА включает следующие этапы: проверка на авторство и права собственности, патентный поиск, проверка технической осуществимости, идентификация технологий НТП, определение рыночных преимуществ НТП, оценка рыночных перспектив, проверка практической осуществимости.

1. Проверка на авторство и права собственности. В случае если договором не были закреплены права собственности на полученные в ходе договорных работ результаты, то все изобретения, сделанные во время работ и переданные заказчику, принадлежат заказчику и авторы могут коммерциализировать свои изобретения только с его письменного согласия.
2. Патентный поиск. Среди основных задач патентного поиска в рамках ТА можно выделить: проверка уникальности изобретения, определение особенностей нового продукта, определение других сфер применения нового продукта, поиск

изобретателей или компании, получивших патенты на изобретения в той же области, поиск патентов на какой-либо продукт, найти последние новинки в исследуемой области, поиск патентов на изобретения в смежных областях, определение состояния исследований в интересуемом технологическом поле, выяснить, не посягает ли исследуемое изобретение на чужую интеллектуальную собственность, получить информацию по конкретной компании или состоянию сектора рынка в целом, получить информацию о частных лицах, имеющих патенты на схожие изобретения, поиск потенциальных лицензиаров, поиск дополнительных информационных материалов.

3. Проверка технической осуществимости. Проверка технической осуществимости предполагает: проверка достоверности концепции, оценка работоспособности продукта в реальных условиях. В ходе данной проверки выявляются все явные и неявные барьеры, оцениваются технические характеристики и осуществляется поиск новых областей применения НТП.
4. Идентификация технологий для сравнения. От части, данный этап пересекается с этапом патентного поиска, в отношении поиска аналогов. Однако на данном этапе помимо всего прочего осуществляется поиск информации о технических характеристиках аналогов и оценка их стоимостных (в том числе эксплуатационных) характеристик.
5. Определение рыночных преимуществ НТП. В случае отсутствия на рынке аналогов на данном этапе проводится оценка потенциального рынка и необходимых мер для продвижения товара. В случае наличия аналогов необходимо: сравнить цены изучаемого НТП и аналогов; оценить степень улучшения технических и потребительских свойств с аналогами; сравнить эксплуатационные затраты изучаемого НТП и аналогов.
6. Оценка рыночных перспектив. На данном этапе оцениваются: динамика и размер рынка, в том случае если он вообще существует, уровень конкуренции на рынке.
7. Проверка практической осуществимости. В рамках данного этапа осуществляются: поиск специалистов для технической и коммерческой реализации НТП; оценка суммарных затрат, в том числе необходимых ресурсов для реализации проекта НТП; оценка сроков коммерциализации и сроков окупаемости НТП.

Все 7 заявленных этапа и их составляющие не являются каноническими. В процессе проведения ТА вполне приемлемы определенные изменения, будь то добавление каких-либо новых этапов исследования, либо отказ от некоторых, имеющихся в связи с отсутствием их необходимости.

Литература

1. Квашнин А. Как провести экспертизу проекта коммерциализации технологий. – Проект EuropeAid «Наука и коммерциализация технологий», 2006 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://rinno.ru/library/commercialization/project-examination.pdf, своб.
2. Пильнов Г., Тарасова О., Яновский А. Как проводить технологический аудит. – Проект EuropeAid «Наука и коммерциализация технологий» 2006 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ita.uz/downloads/Gide4.pdf, своб.
3. Шамилишвили Д.А. Маркетинг научно-технической продукции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.scienceforum.ru/2013/pdf/5840.pdf, своб.
4. Инновации, технологии, бизнес. Технологический аудит. Методические рекомендации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://it4b.icsti.su/itb/docs/tec_audit.html#none, своб.

Шаталов Иван Сергеевич
Год рождения: 1990
Институт холода и биотехнологий, факультет пищевых технологий, кафедра химии и молекулярной биологии, группа № 6356
Направление подготовки: 260100 – Продукты питания из растительного сырья
e-mail: shataloff.iv@gmail.com

УДК 66.0

ИЗУЧЕНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТА В ПРОИЗВОДСТВЕ УПАКОВОЧНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ И ПРОДУКТОВ

И.С. Шаталов
Научный руководитель – д.м.н., профессор А.Г. Шлейкин

Цель работы – разработка съедобных пленкообразующих покрытий для пищевого сырья и продукции агропромышленного комплекса, проявляющие бактериостатическую активность.

Актуальность. Сегодняшний уровень состояния пищевой и перерабатывающей промышленности, по оценкам специалистов Россельхозакадемии, не отвечает современным требованиям, так как обеспеченность населения Российской Федерации плодоовощной продукцией собственного производства в настоящее время не превышает 50–60%, а фруктами – 20–25% от потребности в течение года. Одна из причин низкой эффективности пищевой отрасли – высокие потери продукции на пути от производителя до потребителя, достигающие 35–40% общего объема сельскохозяйственного производства [1].

Главная причина недопустимо высокой порчи сельскохозяйственной продукции заключается в недостатке материалов для изготовления защитных покрытий, обладающих, с одной стороны, консервирующими свойствами, а с другой, – способных к биодеградации.

Наряду с перечисленными факторами, тормозящими развитие агропромышленного комплекса (АПК) и снижающими обеспеченность населения биологически ценной и безопасной пищевой продукцией, нерешенной является проблема утилизации вторичных ресурсов и отходов пищевых производств, а также снижение экологической нагрузки на окружающую среду. Особенно это касается синтетических упаковочных материалов.

Таким образом, актуальной научно-технической и народно-хозяйственной задачей является разработка биодеградируемых составов, с целью выработки из них съедобных, не загрязняющих окружающую среду, покрытий и упаковочных материалов для пищевого сырья и продуктов питания.

Аннотация проекта. Первоначальной задачей данного исследования было создание биодеградируемого материала, для чего целесообразно было использовать сырье натурального происхождения, богатое биополимерами – белками и полисахаридами, многие виды которого относят к побочным продуктам производств (молочная сыворотка, отходы мясной промышленности, и др.), поэтому применение его для изготовления данного продукта позволит, в свою очередь, избежать загрязнения ими окружающей среды.

Съедобные пленки на белковой основе обладают более высокими барьерными свойствами по сравнению с пленками, полученными из липидов и полисахаридов.

Белковые пленки могут функционировать в качестве носителей антимикробных веществ и антиоксидантов. Благодаря своим механическим и барьерным свойствам съедобные пленки на основе белков могут заменить синтетические полимерные пленки. Однако их слабая устойчивость к водяному пару и низкая механическая прочность, по сравнению с синтетическими полимерами, ограничивают их применение в пищевых упаковках. Исходя из этого, необходимы изыскания для улучшения физико-химических качеств белковых пленок путем модификации белковых структур химическими и ферментативными методами, а также совмещая их с гидрофобными полимерными материалами.

В настоящей работе применяется метод ферментативной модификации белков, применяющихся в качестве основы для съедобных пленкообразующих покрытий. Отказ от химических модификаторов был продиктован в первую очередь высокими требованиями к безопасности пищевых продуктов. В качестве фермента-модификатора была выбрана микробиальная трансглутаминаза (ТГ).

Поскольку одним из главных требований, предъявляемым к пищевым упаковочным материалам, является отсутствие влияния на органолептические показатели и внешний вид, то для работы был выбран желатин, так как его органолептические характеристики полностью соответствовали этим требованиям.

Для придания покрытиям эластичности, в их состав вводился глицерин.

С целью придания покрытиям бактериостатической активности, в состав вносились различные консервирующие вещества и их композиции. В качестве таких веществ было решено остановиться на наиболее популярных и проверенных в пищевой промышленности консервантах. В данной работе используется их смесь сорбат калия:низин = 10:1.

На начальном этапе были разработаны две рецептуры (табл. 1) пленкообразующего покрытия – базовая и с добавлением ТГ с целью оценить влияние этого фермента на механические характеристики получаемых пленок.

Таблица 1. Рецептуры пленкообразующих покрытий

Компонент	Рецептура 1+, %	Рецептура 1, %
Желатин	4	4
Глицерин	2	2
Трансглутаминаза	0,0043	0
Консервирующая композиция	0,11	0,11
Вода	Остальное	

Механические характеристики полученных образцов были измерены и сравнены. Результаты представлены на рис. 1.

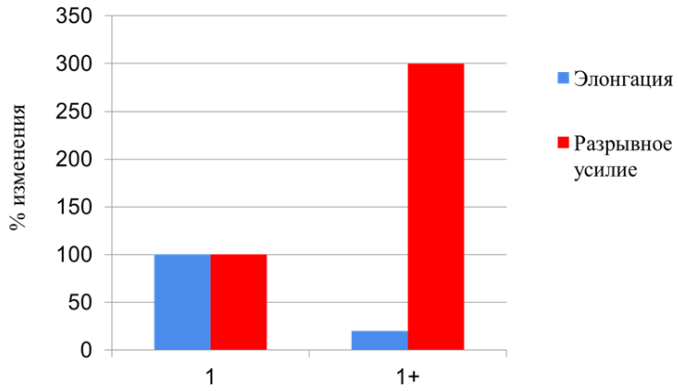


Рис. 1. Механические характеристики пленок

Хорошо видно, что внесение ТГ значительно увеличивает разрывную прочность пленкообразующих материалов. Одновременно с этим, значительно снижается удлинение при разрыве, т.е. эластичность. Данные эффекты обусловлены образованием дополнительных связей между белковыми макромолекулами, в результате чего стабилизируется вся полимерная сетка. Исходя из приведенных данных, было решено для дальнейших исследований использовать именно рецептуру 1+, так как такие пленки показывают лучшие механические характеристики.

Состав 1+ далее методом иммерсии был нанесен на клубнику, которая была выбрана из-за своей высокой подверженности микробной порче и усушке. Ягоды с пленкой и без хранились в течение 14 дней в комнатных условиях, с целью изучения кинетики усушки их масса ежедневно измерялась, а проценту испаренной влаги вычислялся по формуле:

$$\% = \frac{m_{\text{исх}} - m_i}{m_{\text{исх}}},$$

где $m_{\text{исх}}$ – исходная масса образцов клубники; m_i – масса образцов клубники в i – день (i=1–14).

Результаты исследования кинетики усушки представлены на рис. 2.

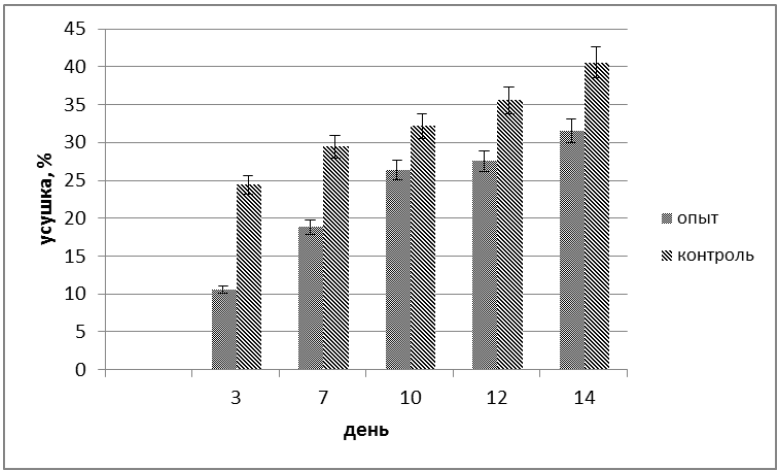


Рис. 2. Кинетика усушки клубники, t=20°С

Видно снижение усушки образцов, покрытых пленкой, что объясняется сниженной диффузией влаги через слой пленки.

Завершающим этапом работы было исследование бактериостатических свойств пленки. Для оценки бактериостатических свойств покрытия был выбран виноград. Поскольку нами использовался метод микробиологического смыва, то большое значение для удобства проведения эксперимента имела поверхность образца. Покрытые образцы (опытные) и образцы без пленки (контрольные) хранились в холодильной камере при температуре от 0 до +2°С и относительной влажности 60–65% в течение месяца. Производился подсчет выросших колоний на исследуемых образцах методом микробиологического смыва через 3, 14, 30 дней после закладки на хранение. Далее вычислялось количество микроорганизмов по формуле:

$$X = \frac{n \cdot 10^m}{78,5},$$

где n – количество выросших колоний; m – количество разведений; 78,5 – площадь поверхности чашки Петри; X – количество КОЕ. Результаты представлены на рис. 3.

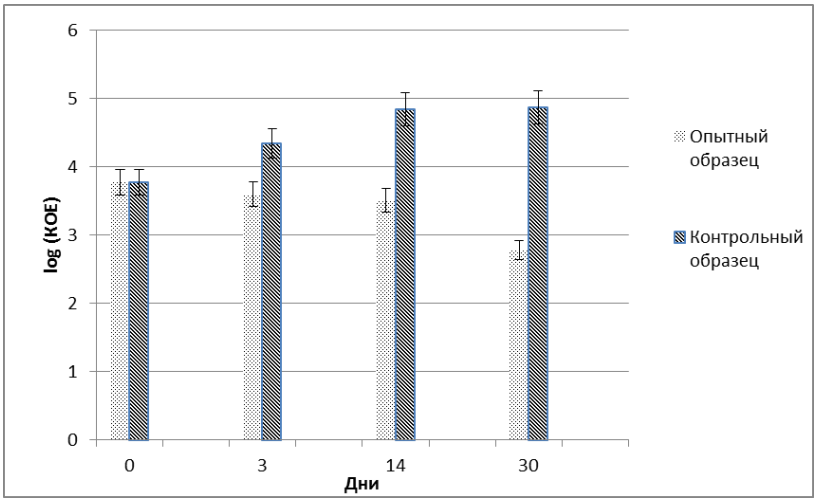


Рис. 3. Бактериостатические свойства покрытия

При проведении эксперимента рост колоний микроорганизмов наблюдался уже на третьи сутки на контрольных образцах. Максимальная скорость роста наблюдалась на 14 сутки на контрольном образце. В случаях применения пленки рост бактерий не только не наблюдался, но также было отмечено снижение количества микроорганизмов по сравнению с началом эксперимента. Результаты говорят о том, что благодаря применению консервирующей композиции, данное покрытие обладает активностью в отношении микроорганизмов, т.е. обеспечивает бактериостатические свойства.

В дополнение к указанному выше методу оценки антимикробного действия пленки использовали метод дисков с некоторой модификацией. Диски из пленки укладывались на засеянную бактериальной культурой поверхность чашки Петри, после чего чашки культивировались в термостате в течение 18 ч. По истечении указанного времени чашки изымались и активность относительно микробов оценивалась визуально: если зона просветления вокруг диска пленки была более 5 мм, то такие образцы расценивались как активные в отношении данного микроорганизма. Если же просветлений не наблюдалось, но также и не отмечалось формирование культурального газона, такие образцы оценивались как замедляющие рост. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2. Исследование консервирующего эффекта

Микроорганизм	Действие
Bacillus megaterium	Подавление роста
Escherichia coli	Замедление роста
Saccharomyces cerevisiae	Замедление роста

Данные, приведенные выше, коррелируют с результатами исследования опытных образцов клубники, покрытых и непокрытых пленкой, табл. 3.

Таблица 3. Исследование консервирующего эффекта

Образец	Признаки порчи, день
С пленкой	Не обнаружены после 7 дней
Без пленки	2–4

Полученный эффект объясняется наличием и проявлением активности консервантов, присутствующих в составе пленкообразующего покрытия.

Вывод. Данное покрытие может применяться для упаковки продукции агропромышленного комплекса. Оно обладает следующими преимуществами:

- обеспечение консервирующего эффекта и снижение усушки, что обеспечивает уменьшение потерь при хранении;
- приемлемые прочностные характеристики, находящиеся на уровне прочностных характеристик популярных упаковочных материалов;
- возможность использования в жидком виде, что обеспечит удобство и простоту применения (упаковка методом иммерсии или напыления);
- отсутствие влияния на органолептические показатели упакованного продукта;
- экологичность.

Новизна данного подхода объясняется отсутствием на российском рынке решений, аналогичных предлагаемому. Реализация проекта направлена на достижение двух целей:

- создание биодеградируемого материала с заданными механическими характеристиками, для чего используются малоценные белки, сшитые ферментом;
- обеспечение консервирующего эффекта, проявляющегося в увеличении сроков хранения и снижении потерь при хранении упакованных продуктов агропромышленного комплекса.

Литература

1. Сизенко Е.И. Неотложные задачи пищевой и перерабатывающей промышленности // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – № 6. – С. 8–10.

УЧАСТНИКИ КОНКУРСОВ КАФЕДР НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ

Ашихин Денис Сергеевич
Год рождения: 1989
Факультет точной механики и технологий,
кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии, группа № 6664
Направление подготовки: 160400 – Ракетные комплексы и космонавтика
e-mail: ashikhinds@mail.ru

УДК 534.6.08

ЛАЗЕРНО-УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДЕФЕКТОМЕТРИЯ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО СВАРКОЙ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

Д.С. Ашихин
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.В. Федоров

Разработка и внедрение в промышленность способа сварки трением с перемешиванием (СТП) стали самым ярким технологическим прорывом в области сварки. Запатентованный в конце 1991 года Британским институтом сварки (TWI), этот способ уже в середине девяностых получил промышленное внедрение. С тех пор активно проводятся исследования и разработки СТП и связанных с ней технологий, компаниями, научно-исследовательскими институтами и университетами, инвестирующими значительные средства, проведено множество международных конференций, посвященных этим исследованиям.

В августе 2011 года Центр им. М.В. Хруничева подписал три контракта с фирмой FPT (Италия) по проектированию и изготовлению специализированных установок фрикционной сварки трением с перемешиванием в соответствии с программой производства ракеты-носителя (РН) «Ангара». В настоящее время данные установки монтируются и внедряются в производство на производственном объединении «Полет» (г. Омск).

Несмотря на обнадеживающие результаты многочисленных исследований и разработок, остаются открытыми вопросы контроля качества СТП при изготовлении ответственных конструкций, а соответствующие департаменты (например, в аэрокосмической отрасли – NASA) требуют разработки соответствующих стандартов и спецификаций. В настоящее время международная организация по стандартизации (ISO) разрабатывает основные требования совместно с институтами стандарт по СТП алюминия и алюминиевых сплавов. Существенным образом на надежность сварного соединения и изделия в целом может сказаться наличие дефектов типа «непровар» в корне сварного шва с раскрытием от 2 мкм и высотой от 50 мкм и выше. Обнаружение таких дефектов методами неразрушающего контроля (НК) в настоящее время достаточно проблематично.

Одним из путей решения данной проблемы является разработка новых технологий контроля качества конструктивных элементов космической техники с применением средств лазерно-ультразвуковой дефектоскопии. Подобные технологии контроля позволят своевременно выявлять дефекты, возникающие в производстве конструкций ракеты-носителей и космических аппаратов, повысить результативность дефектоскопии, а также количественно оценить размер дефекта, т.е. решить задачу дефектометрии. За счет своевременного выявления и оценки дефектов на более ранних этапах производственного цикла технологии позволят оперативно устранять данного рода дефекты и снизить производственные затраты.

Таким образом, существует проблемная ситуация, заключающаяся, с одной стороны, необходимостью обнаружения и оценки размеров дефекта типа «непровар» в корне шва с раскрытием от 2 мкм и высотой от 50 мкм и, с другой стороны, недостаточной проработкой методики решения подобной задачи на основе использования современных методов дефектоскопии.

Основная **цель работы** заключалась в повышении качества сварных соединений, полученных СТП, путем повышения достоверности их контроля.

Преимущества процесса СТП применительно к алюминиевым сплавам:

- помогает избежать проблем горячего растрескивания, пористости;
- не требуется использования защитного газа или сварочной проволоки для алюминиевых сплавов;
- отличные механические свойства, сильная конкурентоспособность по отношению к швам, выполненным другими процессами;
- высокие скорости сварки.

В шве, выполненном дуговой сваркой, чаще всего формируются дефекты типа пористость, а также в зависимости от конкретного сплава – горячие трещины. Так как процесс СТП проходит с незначительным выделением тепла, устраняется проблема пористости и горячих трещин. Образование наиболее распространенных типов дефектов СТП вызвано нарушением оптимальных параметров сварки или недостаточным контролем технологического процесса. Практически все типы дефектов относительно легко обнаруживаются методами НК.

В процессе фрикционной сварки, если глубина ввода инструмента установлена неправильно или инструмент не выровнен относительно совместной линии, может образоваться непровар в корне шва, свидетельствующий о полном отсутствии связи, рис. 1, а. В результате может возникнуть переходная область, где существует связь, но слабая. Обнаружить такой дефект методами НК сложно, так как он практически неразличим с микроструктурой. Наличие дефекта может существенно повлиять на усталостную прочность сварного соединения [1]. На рис. 1, б, видно разрушение по линии дефекта.

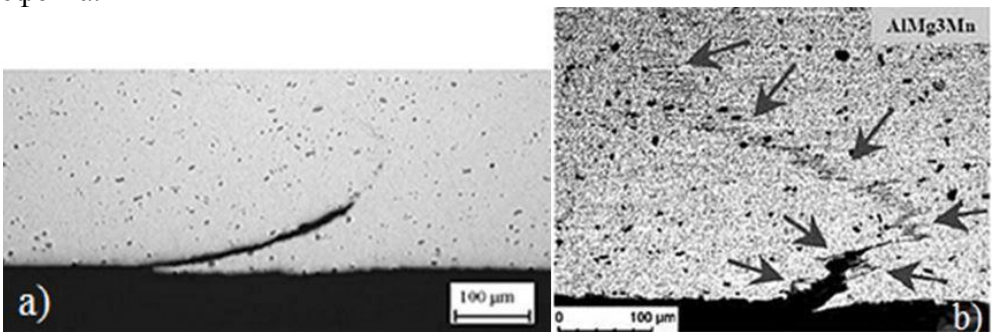


Рис. 1. Непровар в корне шва [2] (а); разрушение по линии дефекта типа «непровар» в корне шва [2] (б)

Современные методы неразрушающего контроля не полностью надежны для обнаружения непровара в корне шва. Единственным окончательным методом является разрушающее испытание на изгиб с напряжением в корне [3]. Ведутся разработки с применением ультразвуковых методов контроля (фазированные решетки) и методов сложных вихревых токов (извилистые магнитометры, импульсные вихревые токи) [4].

Визуально-измерительным методом с внутренней стороны шва при использовании специального оборудования можно обнаружить наличие раскрытия непровара, но каким-то образом оценить размеры такого дефекта нельзя.

Капиллярный, магнитопорошковый и вихретоковый методы контроля позволяют выявлять поверхностные дефекты в сварном соединении. Однако данные методы не позволяют достоверно оценить глубину дефекта типа «непровар» в корне сварного шва.

Акустико-эмиссионный (АЭ) метод является пассивным, т.е. требует приложение нагрузки к объекту контроля, а значит, и возможность изменение его геометрических и физических характеристик. Исходя из этого, применение АЭ метода для выявления дефекта типа «непровар» в корне сварного шва не является целесообразным [5].

Радиационными методами плохо выявляются несплошности малого раскрытия (трещины, непровары), расположенные под углом более 7–12° к направлению просвечивания. А значит, применение радиационных методов НК для выявления дефекта типа «непровар» в корне сварного шва можно считать малоэффективным [6].

Преимущества ультразвукового контроля (УЗК) по сравнению с другими методами НК: высокая чувствительность, безопасность, относительно низкая стоимость.

Однако пространственное разрешение традиционного УЗК (пьезогенерация) не достаточно для обнаружения микродефектов типа «непровар» в корне шва.

Отличие предлагаемого контактного лазерно-ультразвукового метода контроля от традиционных УЗК-методов состоит в использовании лазерных источников ультразвуковых импульсов для генерации мощных ультразвуковых импульсов с хорошо контролируемой формой, широким спектральным диапазоном (отношение частот верхней и нижней границ диапазона может достигать 102) и коротким по времени импульсом, что позволяет в 3–10 раз увеличить фронтальное пространственное разрешение [7]. Форма лазерно-ультразвукового импульса в сравнении с традиционным ультразвуком представлена на рис. 2.

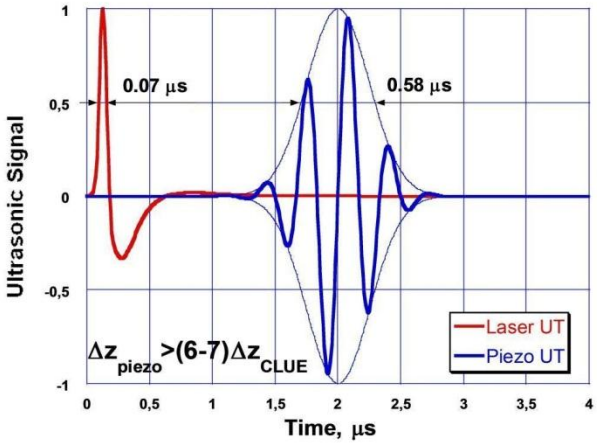


Рис. 2. Форма лазерно-ультразвукового импульса [7]

Как известно, для проверки объектов на наличие вертикальных трещин, находящихся вблизи поверхности, одним из самых эффективных способов их нахождения является использование поверхностных акустических волн. В связи с этим для контроля корня шва целесообразно применять ультразвуковые преобразователи с генерацией поверхностных волн, а именно, головных продольных.

На рис. 3 представлена временная форма ультразвукового импульса оптоакустического преобразователя, генерирующего головную волну в исследуемом материале. На общем треке отчетливо выделяется первый (относительно малый) сигнал, время прихода которого определяется скоростью головной продольной ультразвуковой волны.

Объектом контроля являлся продольный сварной шов топливного бака РН «Ангара», выполненный СТП из материала АМг6 толщиной 7,4 мм. Для оценки

дефекта необходимо задаться главной измеряемой характеристикой типа «непровар» в корне шва, имеющего нерегулярную морфологию. Предложено принять за эту характеристику глубину дефекта с раскрытием от 2 мкм.

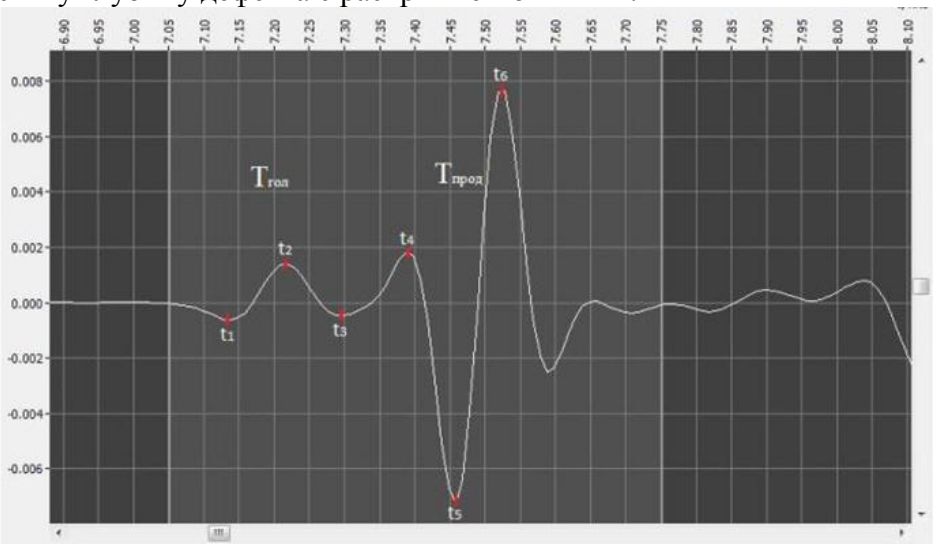


Рис. 3. Временная форма ультразвукового импульса, ось абсцисс – амплитуда (мВ), ось ординат время (мкс) ($T_{прод}$ – продолжительность сигнала отраженной продольной волны; $T_{гол}$ – продолжительность сигнала головной волны) [8]

Создать полную физическую модель с заданными геометрическими параметрами исследуемого дефекта не представляется возможным. По этой причине предложено на начальных этапах смоделировать дефект пропилом, размеры которого можно задать. Для того чтобы выбрать нужный информативный сигнал при контроле, изначально исследования проводились на образце из сплава АМг6 толщиной 6,3 мм, имеющего 3 пропила глубинами 0,75; 1,8; 2,8 мм и шириной 1 мм. При наличии пропила сигнал меняет амплитуду и время прихода сигнала, рис. 4. Причем повышение частоты контроля ведет к повышению чувствительности, так как глубина, на которой бежит головная волна, зависит от ее частоты. Для повышения чувствительности контроля фильтр частот выставлялся от 20 до 24 МГц. Обычно, в УЗК информативными параметрами являются амплитуда и время задержки прихода сигнала, предложено использовать еще параметр: удельную энергию сигнала.

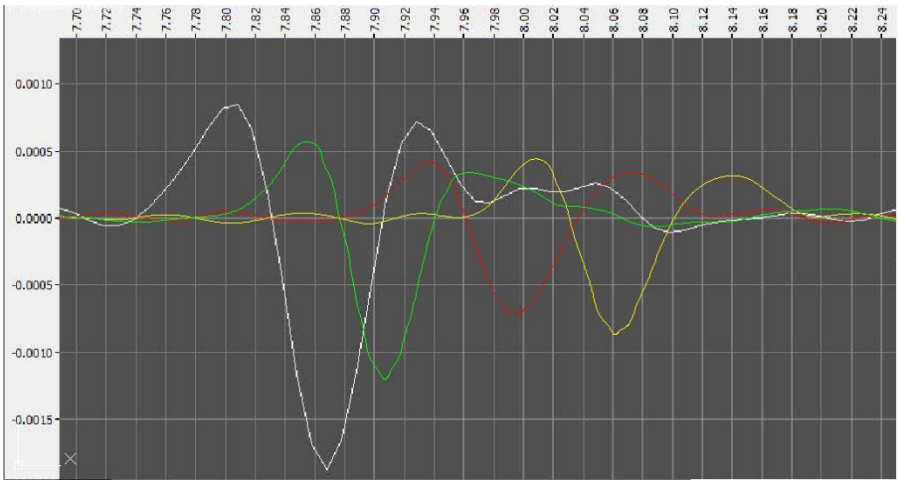


Рис. 4. Сигналы, полученные в ходе измерений, ось абсцисс – амплитуда (мВ), ось ординат время (мкс). Белым цветом обозначен бездефектный сигнал, зеленым – от пропила 0,75 мм, красным – от пропила 1,8 мм, желтым – от пропила 2,8 мм

Погрешность косвенных воспроизводимых измерений, если $h = h(x_1, x_2 \ldots x_n)$:

$$\Delta h = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(\Delta x_i \frac{\partial h}{\partial x_i} \right)^2}, \quad (1)$$

где h – измеряемая косвенным методом глубина пропила; x_i – непосредственно измеряемые независимые величины (информативные параметры), имеющие погрешность Δx_i.

Для оценки чувствительности контроля использовались образцы со сварными швами, выполненными СТП, с искусственными пропилами, полученными электроэрозионным способом, шириной 150 мкм и глубиной от 100 до 400 мкм. На рис. 5 показан график зависимости глубины пропила от значений информативных параметров. Из него видно, что чем больше угол наклона прямой к оси абсцисс, тем менее чувствительный параметр к изменению глубины пропила. В итоге предложена использовать время задержки в качестве информативного параметра, так как при использовании именно его получается меньшая погрешность по сравнению с другими информативными параметрами.

Рис. 5. График зависимости глубины пропила от информативных параметров: *E* – удельная энергия сигнала; *A* – амплитуда сигнала; *t* – время прихода сигнала [9]

Для уменьшения погрешности определения времени прихода головной волны использовался трехкоординатный стол и специальная оснастка.

Время прихода сигнала есть сумма времени пробега головной волны и времени задержки в акустическом тракте. Предложено использовать линейную математическую модель оценки дефекта:

$$h = k(t_0 - t), \quad (2)$$

где h – глубина дефекта; t_0 – время прихода сигнала без дефекта; t – время прихода сигнала при измерении; k – коэффициент регрессии.

По результатам серий экспериментов была получена количественная информация о дефектности образцов. Проведен анализ повторяемости и металлографический анализ, по результатам которого была построена экспериментальная зависимость глубины дефекта в корне сварного шва от времени задержки прихода головной волны (рис. 6).

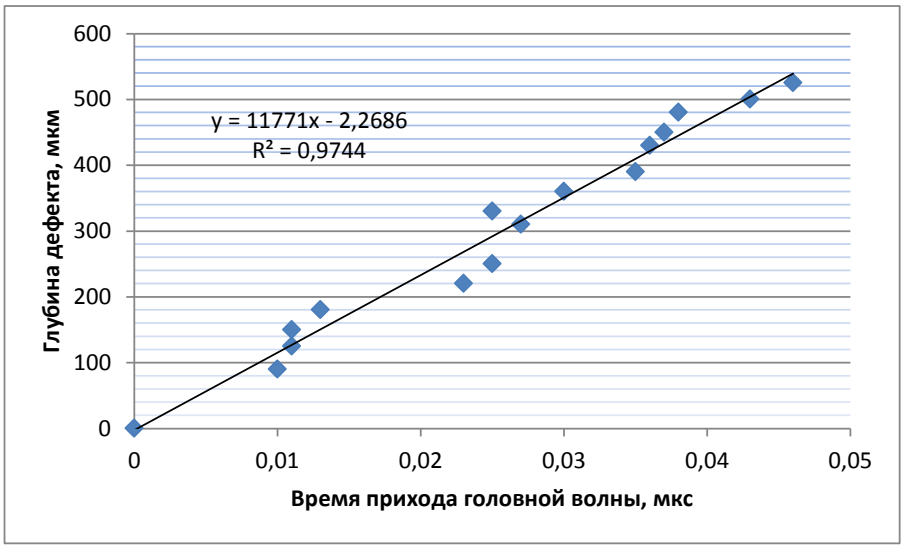
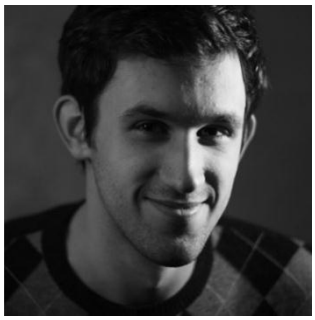


Рис. 6. График экспериментальной зависимости относительной глубины дефекта от приращения времени прихода сигнала

Опытная апробация разработанной методики лазерно-ультразвукового контроля показала возможность обнаружения и оценки размеров дефекта типа «непровар» в корне шва в сварных соединений, выполненных СТП, что подтвердилось металлографическим анализом. Результаты лазерно-ультразвукового метода подтверждались металлографическим анализом с достоверностью не ниже 80%. Применения разработанной методики позволяет отбраковывать сварные швы с наличием в корне непровара с раскрытием от 2 мкм на глубину от 50 мкм и тем самым повысить качество сварного соединения, выполненного СТП.

Литература

1. Zhou C.Z., Yang X.Q. and Luan G.H. Effect of oxide array on the fatigue property of friction stir welds // Scripta Materialia. – 2006. – V. 54. – № 8. – P. 1515–1520.
2. Dickerson T.L., Shercliff H.R. and Schmidt H. A weld marker technique for flow visualization in friction stir welding // Proc. 4th Int. Symp. on 'Friction stir welding'. – Park City, UT, USA, TWI, May 2003. – 12 p.
3. Standard D17 3:200X. Specification for friction stir welding of aluminum alloys for aerospace applications. – American Welding Society, Miami, FL, USA, 2006.
4. Lévesque D., Mandache C., Dubourg L. and Gougeon P. Manufacturing of aircraft panels by friction stir lap welding of 7075-T6 stringers on 2024-T3 skin: process optimization and mechanical properties // Proc. 7th Int. Symp. on 'Friction stir welding',TWI. – Awaji Island, Japan, May 2008.
5. METALS HANDBOOK, 917th ed. / Полок, Адриан. – ASM Internationa, 1989. – P. 278–294.
6. Банов М.Д., Казаков Ю.В., Козулин М.Г. и др. Сварка и резка материалов. Учеб. пособие / Под ред. Ю.В. Казакова. – 9-е изд. – М.: Изд. центр «Академия», 2010. – 400 с.
7. Гусев В.Э., Карабутов А.А. Лазерная оптоакустика. – М.: Наука, 1991. – 304 с.
8. Алешин Н.П., Белый В.Е., Вопилкин А.Х. и др. Методы акустического контроля металлов. – М.: Машиностроение, 1989. – 456 с.
9. Ашихин Д.С., Поляков А.А., Федоров А.В. Оценка чувствительности лазерно-ультразвукового метода при контроле сварных швов, выполненных фрикционной сваркой, и предложения по ее повышению // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых. Выпуск 1. – 2014. – С. 168.



Гречун Пётр Витальевич
Год рождения: 1991
Естественнонаучный факультет, кафедра интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере, группа № 6709
Направление подготовки: 230400 – Информационные системы и технологии
e-mail: vigulisam_25@mail.ru

УДК 517.968, 539, 261

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ВЕРОЯТНОСТНОГО МЕТОДА ПОДБОРА ГИПЕРПАРАМЕТРОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ КОЛЛИМАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ АНИЗОТРОПНОГО РАССЕЯНИЯ

П.В. Гречун
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент А.В. Смирнов

В работе рассмотрена коллимационная задача для анизотропного малоуглового рассеяния $J(\theta,\varphi) = A(I(\theta,\varphi))$, где A – линейный интегральный оператор, $J(\theta,\varphi)$ – измеренные экспериментальные значения интенсивности в точках θ,φ (угол рассеяния и угол поворота образца соответственно), а $I(\theta,\varphi)$ – искомая точечная интенсивность. Ввиду некорректности задачи, для ее решения требуется вводить дополнительные регуляризирующие функционалы. Часто эти функционалы накладывают взаимообратные ограничения на решение, поэтому возникает необходимость в определении степени важности того или иного регуляризирующего функционала, присвоением каждому своих весов (как их называют – гиперпараметрами задачи). Выбор оптимального значения гиперпараметров – основная проблема при решении таких задач. Существуют различные методы выбора гиперпараметров, так называемые «интуитивные критерии», однако все они в значительной степени имеют субъективный характер и зависят от предпочтений исследователей. Вероятностный метод должен помочь автоматизировать процесс подбора оптимальных значений гиперпараметров, тем самым в большей степени устранить субъективизм, и улучшить точность решений коллимационной задачи.

Основная **цель работы** заключалась в разработке и реализации вероятностного метода подбора гиперпараметров для решения коллимационной задачи методом базисных функций для анизотропного малоуглового рентгеновского рассеяния.

В рамках работы рассматривались следующие задачи:

1. исследование предметной области;
2. исследование подходов к решению коллимационной задачи для анизотропного малоуглового рассеяния;
3. проведение анализа основных типов регуляризирующих функционалов и методов выбора гиперпараметров при решении задачи методом базисных функций;
4. разработка вероятностного метода выбора гиперпараметров для анизотропного малоуглового рассеяния;
5. реализация разработанного алгоритма и внедрение его в существующую систему;
6. выполнение тестирования эффективности решения коллимационной задачи с помощью разработанного алгоритма на модельных рассеивающих системах.

Математическая постановка задачи была подробно описана в работе [1].

Одним из методов решения поставленной коллимационной задачи является метод разложения искомой функции по базисным. В рассматриваемой задаче I – это искомая функция, и сформировать ее разложение по базисным функциям $I = \sum_{i=1}^{n} c_i f_i$ в явном

виде невозможно. Однако для экспериментальной интенсивности J можно найти ее приближение, как разложение J' по функциям F_i, $J' = \sum_{i=1}^{n} c_i F_i$, где F_i – результат применения интегрального оператора A к базисным функциям f_i.

Можно заметить, что если относительное отклонение $\frac{\|I-I'\|}{\|I\|}$ невелико, то невелико будет и относительное отклонение $\frac{\|J-J'\|}{\|J\|}$, поскольку оператор A в силу его линейности непрерывен. Однако обратное утверждение несправедливо: одной экспериментальной функции J соответствует множество решений I, для которых выполняется уравнение $J = A(I)$. Таким образом, задача является некорректной [2].

Чтобы сузить класс решений, следует:

- выбрать базисные функции, наилучшим образом соответствующие данной задаче;
- ввести дополнительные ограничения на решение, используя его известные свойства.

В качестве базисных функций $f_i(\theta, \varphi)$ для анизотропного рассеяния используются прямые произведения одномерных базисных сплайнов по углу рассеяния θ и углу поворота образца φ [1]. Коэффициенты разложения по базисным функциям можно получить, используя метод наименьших квадратов. В этом методе оптимальными коэффициентами разложения являются те, которые минимизируют значение оценочной функции

$$\Delta(c_1, c_2, \dots, c_n) = \frac{\chi^2}{2} = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{M} \frac{[J(\theta_i,\varphi_i) - \sum_{j=1}^{n} c_j F_j(\theta_i,\varphi_i)]^2}{\sigma_i^2}, \quad (1)$$

где $\sigma_i^2 = \sigma_i^2(\theta_i, \varphi_i)$ – дисперсия экспериментальной интенсивности в точке θ_i, φ_i.

Ввиду некорректности задачи необходимо введение дополнительных ограничений и модификация оценочной функции использующих априорную информацию об искомом решении. В данной работе использовались два следующих ограничения [1]. Первое из них связано с тем, что для быстро спадающих искомых функций I при минимизации функции оценки (1) возникают коэффициенты c_i, имеющие большие значения и противоположные знаки. При этом в решении появляются нежелательные осцилляции, которых не должно быть в искомой функции. Для того чтобы избежать их, минимизируем следующее выражение, отвечающее за гладкость функции:

$$T_1 = \left[\left(\sum_{i=1}^{n} c_i f''_{\tilde{\theta}\tilde{\theta}}\right)^2 + 2\left(\sum_{i=1}^{n} c_i f''_{\tilde{\theta}\tilde{\phi}}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{n} c_i f''_{\tilde{\phi}\tilde{\phi}}\right)^2\right]. \quad (2)$$

Второе введенное ограничение связано с тем, что для нулевого угла рассеяния ($\theta = 0$) точечная интенсивность должна оставаться постоянной при изменении угла φ, т.е. $I(\theta, \varphi) = \text{const}$. Если при проведении эксперимента минимальный угол рассеяния достаточно мал, то должно выполняться условие $I(\theta_{\min}, \varphi) \approx \text{const}$. Это условие можно учесть, если ввести в функцию оценки дополнительное слагаемое:

$$T_2 = \sum_{k\in K}\left[\sum_{j=1}^{n} c_j \langle f_j\rangle_K - \sum_{j=1}^{n} c_j f_j(\theta_k, \phi_k)\right]^2, \quad (3)$$

где K – множество экспериментальных точек, соответствующих $\theta = \theta_{\min}$, а угловые скобки обозначают усреднение по экспериментальным точкам из множества K. Пусть общее число точек в этом множестве N_K, тогда

$$\langle f_j\rangle = \frac{1}{N_k}\sum_{k\in K} f_j(\theta_k, \phi_k).$$

В итоге мы получаем следующую оценочную функцию:

$$\Delta(c_1, c_2, \dots, c_n) = \chi^2 + \lambda_1 T_1 + \lambda_2 T_2, \quad (4)$$

где λ_1 и λ_2, называемые гиперпараметрами задачи, определяют вес регуляризирующих функционалов T_1 и T_2.

Главная проблема при решении коллимационной задачи методом базисных функций состоит в подборе оптимальных значений гиперпараметров λ_1, λ_2. Выбор значений гиперпараметров обычно происходит следующим образом.

Рассчитываются коэффициенты разложения c_i путем минимизации оценочной функции (4) для набора значений гиперпараметров λ_1 и λ_2 в достаточно широком интервале при большом количестве базисных функций.

Очевидно, что при малых значениях λ_1 соответствующий член функции (4) не оказывает влияния на решение, что приводит нас к хорошему приближению экспериментальных данных, однако возникают лишние осцилляции, которые отдаляют нас от искомого истинного решения. В то же время, если задать большие значения λ_1 минимизация функции (4) приводит к занижению коэффициентов c_i и, следовательно, к чрезмерному сглаживанию истинного решения и реально существующих зависимостей в решении.

Обычно для выбора гиперпараметров используются «интуитивные критерии» [3]. В частности, для решения рассматриваемой задачи использовался метод «точки перегиба» [4, 5], который дал вполне приемлемые результаты [6]. Суть метода состоит в том, что в формуле (4) в окрестности оптимального значения λ_1 величины $\sum_{k=1}^{M}(J(\theta_k,\phi_k)-\sum_{i=1}^{n}c_iF_i(\theta_k,\phi_k))^2$ и T_1, как функции λ_1, остаются приблизительно постоянными, причем величина T_1 имеет перегиб.

Однако выбор таких критериев для нахождения гиперпараметров и их применение имеет субъективный характер и зависит от предпочтений исследователей. Предлагаемый вероятностный метод должен помочь автоматизировать процесс выбора значений гиперпараметров и в какой-то степени устранить субъективизм.

Применение подобного метода было впервые предложено в работе [7] для более простой одномерной задачи, который дал положительные результаты.

Для оптимизации функции (4), исходя из теоремы Байеса, вероятность гиперпараметров λ_1 и λ_2 можно оценивать следующим образом:

$$P(\lambda_1,\lambda_2|J)=\frac{P(J|\lambda_1,\lambda_2)P(\lambda_1)P(\lambda_2)}{P(J)}, \quad (5)$$

где $P(\lambda_1,\lambda_2|J)$ – вероятность для значений λ_1 и λ_2 при известных экспериментальных данных J; $P(J|\lambda_1,\lambda_2)$ – вероятность получения экспериментальных данных, при условии, что заданы λ_1 и λ_2; $P(\lambda_1)$, $P(\lambda_2)$ – априорные распределения вероятностей для λ_1 и λ_2; $P(J)$ – нормировочная константа, не зависящая от значений гиперпараметров.

Основная проблема сводится к нахождению $P(J|\lambda_1,\lambda_2)$.

Существуют различные траектории получения экспериментальных данных при заданных λ_1 и λ_2. В связи с этим вероятность $P(J|\lambda_1,\lambda_2)$ может оцениваться как интеграл по всем возможным траекториям.

$$P(J|\lambda_1,\lambda_2)=\int_{-\infty}^{\infty}P(J|[c_i])\,P([c_i]|\lambda_1,\lambda_2)d^Nc_i, \quad (6)$$

где $P(J|[c_i])$ – вероятность получить экспериментальные данные, при условии что известен набор коэффициентов $[c_i]$; $P([c_i]|\lambda_1,\lambda_2)$ – вероятность получить набор коэффициентов $[c_i]$ при условии что заданы λ_1 и λ_2; N – количество базисных функций.

Вероятность $P(J|[c_i])$ оценивается следующим образом:

$$P(J|[c_i])=\frac{e^{-\frac{\chi^2}{2}}}{\int e^{-\frac{\chi^2}{2}}d^Mc_i}, \quad (7)$$

где M – количество измеренных точек.

Вероятность $P([c_i]|\lambda_1,\lambda_2)$ оценивается как:

$$P([c_i]|\lambda_1,\lambda_2)=\frac{e^{-\lambda_1T_1-\lambda_2T_2}}{\int e^{-\lambda_1T_1-\lambda_2T_2}d^Nc_i}. \quad (8)$$

В знаменателях формул (7) и (8) находятся нормировочные константы, для получения «честной» вероятности.

Подставляя значения функция (7) и (8) в функцию (6) мы получаем:

$$P(J|\lambda_1,\lambda_2)=\frac{\int e^{-\frac{\chi^2}{2}}*e^{-\lambda_1 T_1-\lambda_2 T_2}d^N c_i}{\int e^{-\lambda_1 T_1-\lambda_2 T_2}d^N c_i\int e^{-\frac{\chi^2}{2}}d^M c_i}. \quad (9)$$

Значение интеграла $\int e^{-\frac{\chi^2}{2}}d^M c_i$ равняется:

$$\int e^{-\frac{\chi^2}{2}}d^M c_i=\prod_{i=1}^{N}(2\pi\sigma_i^2)^{-\frac{1}{2}}. \quad (10)$$

Так как $\prod_{i=1}^{N}(2\pi\sigma_i^2)^{-\frac{1}{2}}$ является нормировочной константой, зависящей только от σ_i^2 и никак не влияет на распределение вероятностей λ_1 и λ_2, то ею можно пренебречь.

Представляя $Q=-\frac{\chi^2}{2}-\lambda_1 T_1-\lambda_2 T_2$ и учитывая квадратичную зависимость $\frac{\chi^2}{2}$, T_1 и T_2 от искомых коэффициентов для вероятности (9), получаем:

$$P(J|\lambda_1,\lambda_2)=\frac{(\sqrt{2\pi})^{-\frac{N}{2}}e^{Q_0}\det{}^{-\frac{1}{2}}(B_0+\lambda_1 B_1+\lambda_2 B_2)}{(\sqrt{2\pi})^{-\frac{N}{2}}e^{-[T_1+T_2]_{\min}}\det{}^{-\frac{1}{2}}(\lambda_1 B_1+\lambda_2 B_2)}, \quad (11)$$

где B_0 – гессиан $\nabla\nabla\frac{\chi^2}{2}$; B_1 – гессиан $\nabla\nabla T_1$; B_2 – гессиан $\nabla\nabla T_2$.

Значение $e^{-[T_1+T_2]_{\min}}=1$, так как минимум T_1+T_2 находится в нуле.

Введя все преобразования в формулу (11) и приняв значения априорных вероятностей $P(\lambda_1)$, $P(\lambda_2)$ равными константе, в итоге для оценки вероятности $P(\lambda_1,\lambda_2|J)$получим следующую формулу:

$$P(\lambda_1,\lambda_2|J)\propto P(J|\lambda,\lambda_2)=\frac{e^{Q_0}\det{}^{-\frac{1}{2}}(B_0+\lambda_1 B_1+\lambda_2 B_2)}{\det{}^{-\frac{1}{2}}(\lambda_1 B_1+\lambda_2 B_2)}. \quad (12)$$

Гессианы B_0, B_1, B_2 вычисляются следующим образом.

Компоненты вектора градиента для функции (1) в пространстве коэффициентов c:

$$\left(\frac{\nabla\chi^2}{2}\right)_k=\frac{1}{2}\frac{\partial\chi^2}{\partial c_k}=-\sum_{i=1}^{M}\frac{1}{2\sigma_i^2}2\left[J(\theta_i,\varphi_i)-\sum_{j=1}^{N}c_j F_j(\theta_i,\varphi_i)\right]F_k(\theta_i,\varphi_i),\ k=1,\dots,n. \quad (13)$$

Следовательно, компоненты гессиана B_0 записываются следующим образом:

$$\left(\frac{\nabla\nabla\chi^2}{2}\right)_{k,l}=\frac{1}{2}\frac{\partial^2\chi^2}{\partial c_k\partial c_l}=\sum_{i=1}^{M}\frac{1}{\sigma_i^2}F_k(\theta_i,\varphi_i)F_l(\theta_i,\varphi_i),\ k,l=1,\dots,n. \quad (14)$$

Аналогично для гессиана B_1 получаем

$$(\nabla\nabla T_1)_{k,l}=\frac{\partial^2 T_1}{\partial c_k\partial c_l}=\sum_{i=1}^{M}\left(2f_k''_{\theta\theta}(\theta_i,\varphi_i)\times f_l''_{\theta\theta}(\theta_i,\varphi_i)+[\dots]\right), \quad (15)$$

где под знаком $[\dots]$ скрываются слагаемые, соответствующие двум другим слагаемым формулы (2) для вторых производных по $\theta\varphi$ и $\varphi\varphi$, соответственно.

Для гессиана B_2 находим

$$(\nabla\nabla T_2)_{k,l}=\frac{\partial^2 T_2}{\partial c_k\partial c_l}=2\sum_{r\in K}(\langle f_k\rangle_K-f_k(\theta_r,\phi_r))\langle f_l\rangle_K-f_l(\theta_r,\phi_r). \quad (16)$$

На основе разработанного математического описания метода, был разработан алгоритм, а затем выполнено тестирование эффективности его работы на модельных рассеивающих системах (вытянутые параллелепипеды, ламеллы с расстоянием между собой 25 нм, ламеллы с расстоянием 50 нм, ориентированные цилиндры), для каждой из которых:

1. рассчитывалась исходная точечная интенсивность рассеяния $I(\theta,\varphi)$;
2. с использованием параметров коллимационной системы, задаваемых при получении экспериментальных кривых, рассчитывалась искаженная интенсивность рассеяния $J(\theta,\varphi)$, в которую вносился шум (1%) в соответствии с процедурой, описанной в работе [8];

3. на основе метода базисных функций «восстанавливалась» точечная интенсивность $I'_{\lambda_1,\lambda_2}(\theta,\varphi)$ для каждой пары λ_1,λ_2, из заданного диапазона;
4. с использованием $I'(\theta,\varphi)$ как новой точечной интенсивности, вновь рассчитывалась, по формуле (2), искаженная интенсивность рассеяния $J'_{\lambda_1,\lambda_2}(\theta,\varphi)$;
5. на основе разработанного метода по формуле (12) вычислялась вероятность $P(\lambda_1,\lambda_2|J)$ для каждой пары λ_1,λ_2;
6. вычислялось относительное отклонение для точечных интенсивностей:

$$\frac{\left\|I-I'_{\lambda_1,\lambda_2}\right\|}{\|I\|}\approx\sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{M}(I(\theta_k\varphi_k)-I'_{\lambda_1,\lambda_2}(\theta_k\varphi_k))^2}{\sum_{k=1}^{M}(I(\theta_k\varphi_k)^2}}; \quad (17)$$

7. вычислялось относительное отклонение для искаженных интенсивностей:

$$\frac{\left\|J-J'_{\lambda_1,\lambda_2}\right\|}{J}\approx\sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{M}(J(\theta_k\varphi_k)-J'_{\lambda_1,\lambda_2}(\theta_k\varphi_k))^2}{\sum_{k=1}^{M}(J(\theta_k\varphi_k)^2}}. \quad (18)$$

Результаты работы алгоритма представлены в таблице, как видно из которой, он дает хорошие результаты и относительные отклонения не превышают 5%.

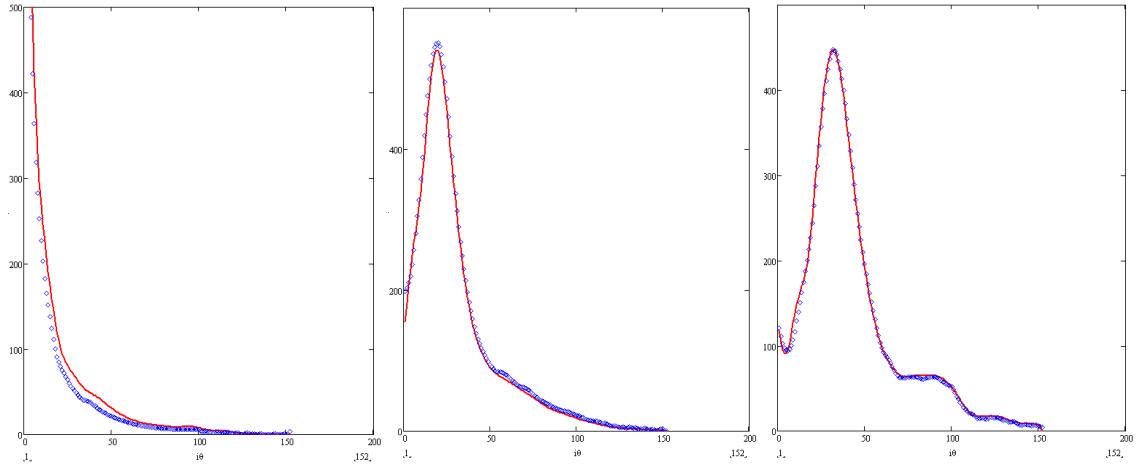
Таблица. Сравнение результатов решения коллимационной задачи для анизотропных модельных систем, с использованием гиперпараметров, найденных с помощью метода «точки перегиба» и предложенного вероятностного метода

Рассеивающая модельная система	Метод «точки перегиба»		Вероятностный метод	
	$\frac{\|I-I'\|}{\|I\|}$, %	$\frac{\|J-J'\|}{\|J\|}$, %	$\frac{\|I-I'\|}{\|I\|}$, %	$\frac{\|J-J'\|}{\|J\|}$, %
Ориентированные параллелепипеды	2,6	0,9	2,5	1,3
Ламеллы, d = 25 нм	2,1	1,3	3,2	1,4
Ламеллы, d = 50 нм	3,6	0,8	2,6	1,3
Ориентированные цилиндры	3,5	0,7	4,1	1,2

Также алгоритм был протестирован на экспериментальном образце (отожженные пленки из высоко ориентированного полиэтилена).

Различия между исходной и восстановленной искаженными интенсивностями составляет $\frac{\left\|J-J'_{\lambda_1,\lambda_2}\right\|}{\|J\|}=10\%$, в то время как шум от экспериментальной интенсивности составляет 5,5%. Основной вклад в различие между исходной и восстановленной искаженными интенсивностями вносит небольшая область аргументов при минимальных значениях θ и φ, где экспериментальная интенсивность имеет максимальное значение.

Для дополнительного подтверждения хорошего качества коллимационного пересчета проводилось сравнение экспериментальных индикатрис рассеяния, измеренных при различных углах φ, с сечениями (соответствующими тем же углам φ) поверхности восстановленной точечной интенсивности рассеяния. Приводимые на рисунке сечения относятся к методу базисных функций. Как видно, сечения восстановленной искаженной интенсивности очень хорошо совпадают с соответствующими экспериментальными индикатрисами рассеяния.



а б в

Рисунок. Сравнение экспериментальных индикатрис рассеяния (точки) при разных углах ориентации образца φ, с сечениями восстановленной искаженной интенсивности (сплошная линия): $\varphi=0$ (а); $\varphi=\pi/4$ (б); $\varphi=2$ (в)

Литература

1. Захаров Д.Д., Смирнов А.В., Федоров Б.А. Решение коллимационной задачи при малоугловом рентгеновском рассеянии на анизотропных объектах // Наносистемы: физика, химия, математика. – 2011. – Т. 2. – № 3. – С. 26–44.
2. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1979. – 284 с.
3. Svergun D.I. Determination of the regularization parameter in indirect-transform methods using perceptual criteria // J. Appl. Cryst. – 1992. – V. 25. – P. 495–503.
4. Glatter O. Data Evaluation in Small Angle Scattering: Calculation of the Radial Electron Density Distribution by Means of Indirect Fourier Transformation // Acta Physica Austriaca. – 1977. – V. 47. – P. 83–102.
5. Glatter O., Michael H. Interpretation of Elastic Light Scattering Data. III. Determination of Size Distributions of Polydisperse Systems // Journal of Colloid and Interface Science – 1988. – V. 122(2). – P. 496–505.
6. Захаров Д.Д., Сизиков В.С., Смирнов А.В., Фёдоров Б.А. Решение двумерной коллимационной задачи рассеяния рентгеновских лучей с использованием нестандартных интегральных уравнений // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2006. – № 9 (32). – С. 144–153.
7. Hansen S. Bayesian estimation of hyperparameters for indirect Fourier transformation in small-angle scattering // J. Appl. Cryst. – 2000. – V. 33. – P. 1415–1421.
8. Смирнов А.В., Захаров Д.Д., Федоров Б.А. Анализ и учет коллимационных искажений при малоугловом рентгеновском рассеянии на ориентированных однородных цилиндрах. Оценка влияния экспериментальной погрешности на качество коллимационного пересчета // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 4 (74). – С. 77–82.

Денисова Анастасия Александровна
Год рождения: 1990
Естественнонаучный факультет, кафедра интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере, группа № 6709
Направление подготовки: 230400 – Информационные системы и технологии
e-mail: denisova.anastasiia@gmail.com

УДК 004.021 + 519.816

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ

А.А. Денисова
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент В.П. Федотов

В работе рассматривалась возможность применения математических моделей и алгоритмов поддержки принятия решений в задачах управления человеческими ресурсами. Для удобства работы пользователя с математическим инструментарием разработана информационная система с пользовательским интерфейсом.

Развитие кадровой политики направлено на эффективное использование человеческих ресурсов организации. Процесс управления человеческими ресурсами столь же сложен и точен, как и любая другая управленческая функция.

Основная **цель работы** заключалась в разработке математического инструментария осуществляющего поддержку принятия решений в задачах управления человеческими ресурсами.

В рамках работы рассмотрены следующие задачи:

1. многокритериального оценивания человеческих ресурсов с использованием аппарата теории нечетких множеств, позволяющие получать более качественную оценку;
2. оптимальное распределение сотрудников по местам работы, учитывающее пожелания, как работодателя, так и работника;
3. распределение премиального фонда, учитывающее вклад сотрудника в результаты достигнутые компанией.

В процессе оценивания сотрудников можно получить действительно качественную оценку только в том случае, когда правильно поставлен контроль как знаний и навыков, так и личностных качеств сотрудника. Для получения качественных оценок необходимы объективные и надежные методы оценивания, исключающие субъективизм и некомпетентность экспертов, проводящих оценивание. Оценивание человеческих ресурсов компании представляет собой сложную и по своей структуре и по содержанию процедуру, которая рассматривается как составная часть процесса управления человеческими ресурсами [1, 2].

Разрабатываются модель и алгоритм оценки кадрового состава, которые позволят избежать некоторых из существующих недостатков. В основе этой модели и алгоритма лежит аппарат теории нечетких множеств. Начало для большинства работ по теории нечетких множеств дала статья Л. Заде «Fuzzy Sets» в журнале «Information and Control» [3].

Теория нечетких множеств применяется для описания значений, которые принимает лингвистическая переменная на основе нечетких высказываний, где функция принадлежности множеству не бинарная, а может принимать любое значение

в диапазоне от 0 до 1. Нечеткое моделирование позволяет более точно описывать объекты с неопределенностью. Все это позволяет получать лучшие результаты, чем результаты, получаемые на основе детерминированных и вероятностно-статистических моделей. Появляется возможность формализовать понятие нечеткой величины по самой своей природе и выполнять над такими величинами весь набор логических операций [4, 5].

Эффективность сотрудника в работе компании рассматривается с позиции отдельных его компетенций. Для определения уровня квалификации сотрудника необходимо рассмотреть его знания как совокупность показателей. Предварительно проводится оценка сотрудников компании по каждому из показателей. Для этого определяется конечное число необходимых показателей для заданных должностей. При расчете уровня эффективности сотрудника для компании выделяются именно те показатели, которые учитывают его знания, умения и навыки, рассматривая их как нечеткие множества.

Нечеткое многокритериальное оценивание сотрудников (кандидатов). Будем считать известным:

– множество сотрудников (кандидатов), которые подлежат многокритериальному анализу

$$P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}; \quad (1)$$

– множество критериев, по которым оцениваются сотрудники (кандидаты)

$$G = \{G_1, G_2, \dots, G_n\}. \quad (2)$$

Задача многокритериального оценивания состоит в упорядочивании элементов (сотрудников) из множества P по критериям из множества G.

Пусть $\mu_{G_i}(P_j)$ – число в диапазоне $[0, 1]$, которым оценивается сотрудник (кандидат) $P_j \in P$ по критерию $G_i \in G$: чем больше число $\mu_{G_i}(P_j)$, тем лучше сотрудник (кандидат) P_j по критерию G_i, $i = \overline{1,n}$, $j = \overline{1,k}$. Тогда, критерий G_i можно представить нечетким множеством $\widetilde{G_i}$ на универсальном множестве вариантов P:

$$G_i = \left\{\frac{\mu_{G_i}(P_1)}{P_1}, \frac{\mu_{G_i}(P_2)}{P_2}, \dots, \frac{\mu_{G_i}(P_k)}{P_k}\right\}, \quad (3)$$

где $\mu_{G_i}(P_j)$ – степень принадлежности элемента P_j нечеткому множеству $\widetilde{G_i}$, т.е. оценка сотрудника по данному критерию.

Находить степень принадлежности нечеткого множества удобно методом построения функций принадлежности на основе парных сравнений. При использовании этого метода необходимо сформировать матрицы парных сравнений вариантов по каждому критерию. Общее количество таких матриц равно количеству критериев [6].

Наилучшим вариантом будет тот, который одновременно лучший по всем критериям. Нечеткое решение $\widetilde{D}$ находится как пересечение частных критериев:

$$\widetilde{D} = \widetilde{G_1} \cap \widetilde{G_2} \cap \dots \cap \widetilde{G_n} = \left\{\frac{\min_{i=\overline{1,n}} \mu_{G_i}(P_1)}{P_1}, \frac{\min_{i=\overline{1,n}} \mu_{G_i}(P_2)}{P_2}, \dots, \frac{\min_{i=\overline{1,n}} \mu_{G_i}(P_k)}{P_k}\right\}. \quad (4)$$

Согласно полученным нечетким множествам $\widetilde{D}$, наилучшим вариантом следует считать тот, у которого наибольшая степень принадлежности:

$$D = \text{agr}\ \max\left(\mu_D(P_1), \mu_D(P_2), \dots, \mu_D(P_k)\right). \quad (5)$$

При неравновесных критериях степени принадлежности нечеткого множества $\widetilde{D}$ находят так:

$$\mu_D(P_j) = \min_{i=\overline{1,n}} \left(\mu_{G_i}(P_j)\right)^{\alpha_i}, j = \overline{1,k}, \quad (6)$$

где α_i – коэффициент относительной важности критерия G_i,

$$\alpha_1 + \alpha_2 \dots + \alpha_n = 1. \quad (7)$$

Показатель степени α_i в формуле концентрирует нечеткое множество $\widetilde{G_i}$ в соответствии с мерой важности критерия G_i. Коэффициенты относительной важности

критерия могут быть определены различными методами, например, с помощью парных сравнений по шкале Саати [7].

При построении функции принадлежности для каждой пары элементов универсального множества эксперт оценивает преимущество одного элемента над другим по отношению к свойству нечеткого множества. Такие парные сравнения удобно представлять следующей матрицей:

$$\begin{array}{c} \\ u_1 \\ u_2 \\ \cdots \\ u_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} u_1 & u_2 & \cdots & u_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ & & \ddots & \\ a_{n1} & a_{n2} & \ldots & a_{nn} \end{bmatrix} \end{array}, \quad (8)$$

где a_{ij} – уровень преимущества элемента u_i над u_j ($i,j = \overline{1,n}$), определяемый по девятибалльной шкале Саати [7]:

1 – если преимущество элемента u_i над u_j элементом отсутствует;

3 – если преимущество u_i над u_j слабое;

5 – если преимущество u_i над u_j существенное;

7 – если преимущество u_i над u_j явное;

9 – если преимущество u_i над u_j абсолютное;

2, 4, 6, 8 – промежуточные сравнительные оценки.

Матрица парных сравнений является диагональной ($a_{ij} = 1, i = \overline{1,n}$) и обратно симметричной($a_{ij} = \frac{1}{a_{ij}}, i,j = \overline{1,n}$).

Степени принадлежности принимают равными соответствующим координатам собственного вектора $W = (w_1, w_2, \ldots, w_n)^T$ матрицы парных сравнений A:

$$\mu(u_1) = w_i, i = \overline{1,n} \quad (9)$$

Собственный вектор находят из следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} AW = \lambda_{\max} W \\ w_1 + w_2 + \cdots + w_n = 1' \end{cases} \quad (10)$$

где $\lambda_{\max}$ – максимальное собственной значение матрицы A.

Экономико-математическая задача о назначениях дает возможность построить оптимальные распределения кандидатов по местам работы таким образом, чтобы максимизировать суммарную эффективность работы исполнителей на должностях. При применении в реальной жизни также возможны некоторые модификации задачи о назначениях. Так, например, число претендентов на должности может не совпадать с реальной потребностью предприятия в специалистах данного профиля. В этом случае говорят о несбалансированности условий задачи. В таком варианте постановки задача относится к классу комбинаторных оптимизационных задач, решение которых путем прямого перебора невозможно: в сбалансированной задаче число вариантов назначений n кандидатов составляет $n!$, т.е. растет сверхполиномиальным образом.

Разрабатываемая модель и алгоритм позволяют уменьшить время, затрачиваемое на решение задачи оптимального назначения сотрудников (кандидатов) на вакантные должности или построить оптимальный план распределения сотрудников по должностям, а также повысить качество принимаемых управленческих решений. Система позволит решать как сбалансированные задачи, так и несбалансированные. При решении задачи используется разработанный Л.В. Канторовичем метод потенциалов. Строится начальный базисный план, не удовлетворяющий в общем случае всем поставленным условиям задачи. В последствии осуществляется переход к новому базисному плану, более приближенному к оптимальному. Последовательное применение этого метода за полиномиальное число итераций приводит к решению задачи, т.е. к нахождению оптимального плана [8].

Задача о назначении определяется как задача разработки наиболее экономичного плана распределения кандидатов по вакантным должностям. При этом величина эффективности кадрового состава зависит от эффективности каждого кандидата.

Критерий оптимальности в задаче о назначениях формулируется следующим образом: базисное распределение кандидатов является оптимальным тогда и только тогда, когда оценки всех свободных клеток распределения неотрицательны.

Математическая модель задачи: m – количество сотрудников (кандидатов); n – количество должностей; b_i – i-й кандидат претендующий на должность; a_j – потребность j-ой должности в людях; c_{ij} – эффективность i-го кандидата на j-ой должности; $x_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если сотрудник } i \text{ занимает должность } j \\ 0, \text{если сотрудник } i \text{ не занимает должность } j \end{cases}$.

Целевая функция будет иметь вид:

$$f(x) = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} c_{ij}\, x_{ij} \to \max,$$

$$D = \{ x \in R^{m \times n} \mid \sum_{j=1}^{n} x_{ij} = b_i = 1, \forall\, j = \overline{1,m}\,, \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = a_j\,, \forall\, i = \overline{1,n}\,,$$

$$x_{ij} \geq 0, \forall\, i = \overline{1,n}\,, \forall\, j = \overline{1,m}\ \}.$$

Целевая функция представляет собой общую эффективность работы при распределении сотрудников (кандидатов) по заданным должностям. Первая группа ограничений указывает, что сотрудник (кандидат) может занимать только одну должность. Вторая группа ограничений указывает, что сумма сотрудников (кандидатов) определенных на должность, должна не превышать потребность этой должности в людях. Наглядной формой представления модели задачи о назначениях является матрица эффективностей (табл. 1).

Таблица 1. Общий вид матрицы эффективностей

Люди, A_i	Должности, B_j				Количество распределенных людей
	B_1	B_2	…	B_m	
A_1	c_{11}	c_{12}	…	c_{1m}	a_1
A_2	c_{21}	c_{22}	…	c_{2m}	a_2
…	…	…	…	…	…
A_n	C_{n1}	C_{n2}	…	C_{nm}	a_n
Количество распределенных людей по должностям	b_1	b_2	…	b_m	$\sum_{i=1}^{n} a_j = \sum_{j=1}^{m} b_i$

Из модели следует, что сумма распределенных сотрудников (кандидатов) должна равняться сумме занятых позиций по всем должностям т.е.

$$\sum_{i=1}^{n} a_j = \sum_{j=1}^{m} b_i. \quad (12)$$

Если это равенство выполняется, то задача называется сбалансированной (закрытой), в противном случае – несбалансированной (открытой). В случае, когда сумма сотрудников (кандидатов) превышают суммарную потребность в людях на должности, необходим дополнительный фиктивный (реально не существующий) пункт должности b_f, который будет формально потреблять существующий излишек людей, т.е.

$$b_f = \sum_{j=1}^{n} a_j - \sum_{i=1}^{m} b_i. \quad (13)$$

Если суммарная потребность в людях превышает количество претендентов, то необходим дополнительный фиктивный сотрудник (кандидат) a_f, формально восполняющий существующий недостаток кандидатов на имеющиеся должности:

$$a_f = \sum_{i=1}^{m} b_i - \sum_{j=1}^{n} a_j. \quad (14)$$

Для фиктивных кандидатов вводятся фиктивные эффективности c_f. В некоторых ситуациях величину фиктивных эффективностей можно интерпретировать как убыток компании при неполноте кадрового состава компании. В этом случае величина c_f может быть любым положительным числом.

Метод потенциалов предназначен для решения транспортной задачи в матричной постановке. Следовательно, он подходит и для решения задачи о назначениях, так как она является частным случаем транспортной задачи. Потенциалы – это двойственные переменные. Сам метод является прямым. На каждом шаге выбирается одно из не выполняющихся двойственных ограничений и исправляется таким образом, чтобы не были нарушены ограничения прямой задачи. Постепенно поставленные в задаче ограничения будут выполнены, это будет означать, что в прямой задаче достигнута оптимальность [9].

Таблица 2. Таблица для метода потенциалов

	b_1	…	b_j	…	b_n	u
a_1						u_1
…						…
a_i			c_{ij} x_{ij}			u_i
…						…
a_m						u_m
v	v_1	…	v_j	…	v_n	z

Каждая ячейка (i, j) табл. 2 хранит информацию об эффективности человека на этой должности (c_{ij}) и о количестве людей, определенных на должность (c_{ij}). В процессе решения задачи часть клеток будем называть базисными, а остальные – не базисными (или свободными).

Алгоритм построения оптимального распределения методом потенциалов состоит из нескольких шагов:

1. строится первоначальное распределение кандидатов по должностям (методом северо-западного угла или максимальных эффективностей) и выделяются базисные клетки. Вычисляется значение целевой функции;
2. рассчитываются значения потенциалов. Пусть $u_1 = 0$ (может также принимать любые другие числовые значения). Остальные потенциалы рассчитываются с помощью базисных клеток, исходя из уравнения $u_i + v_j = c_{ij}$;
3. для свободных клеток рассчитываются оценки $s_{ij} = c_{ij} - u_i - v_j$. Если все $s_{ij} \geq 0$, то найдено оптимальное решение и делается переход на шаг 5. В противном случае выполняется переход на шаг 4;
4. из независимых клеток выбирается та, у которой оценка минимальна и для нее выполняются следующие процедуры:
   – с цикл для этой клетки. В исходной клетке ставится «+» и далее по циклу расставить, чередуя «+» и «–»;
   – вычисляется $\lambda = \min\{x_{ij}: \text{»–»}\}$. Клетка, на которой достигается этот минимум, убирается из базиса (только она одна), а клетка с минимальными оценками делается базисной;
   – пересчитывается план распределения. Для клеток с «+» прибавляется λ к x_{ij}, а для клеток с «–» – вычитается. Остальные клетки остаются неизменными. Пересчитывается целевая функция: $z' = z + \min s_{ij}\lambda$.

Перейти на шаг 2.

5. Получено оптимальное распределение. Конец алгоритма.

Решая вопрос о выдаче премии важно, правильно оценить основания для прибавки. Это могут быть перевыполнение плана, ежегодная индексация или несоответствие рыночным компенсациям. Премии должны связываться с результатом деятельности сотрудников, только тогда они будут выполнять мотивационную функцию.

Размеры окладов и премии должны быть справедливыми и по отношению к иерархии сотрудников и подразделений в компании. Если этот баланс будет нарушен, то обстановка в коллективе будет ухудшаться, что снизит продуктивность работы сотрудников. Борясь с этим, компании пытаются скрывать размеры зарплат сотрудников от их коллег, но в действительности полностью осуществить это никому не удается [10].

Для решения вопроса распределения премиального фонда компании разрабатывается математическая модель, которая основывается на результатах работы сотрудника и его вкладе в результаты, достигнутые компанией. Это позволит сделать процесс распределения премиального фонда более прозрачным. Кроме того, это позволит руководителю оценивать основания для выдачи премии сотруднику, а также оценивать ее размер. Будем считать: u_{ij} − оценка полезности сотрудника i на вакансии j; n − число вакансий; m − число занятых сотрудников; a_j − потребность в специалистах на j-ой вакансии

$$\sum_{j=1}^{n} a_j = m, \tag{15}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если сотрудник } i \text{ занимает должность } j \\ 0, \text{если сотрудник } i \text{ не занимает должность } j \end{cases} \tag{16}$$

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если сотрудник } i \text{ занимает оптимальную в общем смысле} \\ \text{распределения вакансию } j \\ 0, \text{в противном случае.} \end{cases} \tag{17}$$

Остается вопросом, при каких условиях сотрудники согласятся поменять свою должность на предложенную им после распределения.

Пусть A − текущий доход от работы всех сотрудников, тогда

– текущая суммарная полезность

$$f(x) = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} u_{ij}x_{ij}, \tag{18}$$

– суммарная полезность при оптимальном распределении

$$f(y) = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} u_{ij}y_{ij}. \tag{19}$$

Доходы возрастут во столько раз, во сколько возрастет общая эффективность работы сотрудников:

$$A_{new} = A\frac{f(y)}{f(x)}. \tag{20}$$

Ожидаемый прирост дохода тогда равняется:

$$A_{new} - A = A(\frac{f(y)}{f(x)} - 1) = \alpha, \alpha < 1. \tag{21}$$

Пусть сотрудник i после распределения и занимания вакансии j_i будет иметь: u_{ij_i} − полезность сотрудника на этой вакансии; $w_i = \frac{u_{ij_i}}{\sum_{k=1}^{n} u_{kj_k}}$ – вклад i-го сотрудника в суммарный доход; r_i – премия сотрудника i после распределения.

$$r_i = \alpha A(\frac{f(x)}{f(y)} - 1)w_i. \tag{22}$$

В работе были разработаны математические модели и алгоритмы, позволяющие:

– качественное многокритериальное оценивание с помощью аппарата теории нечетких множеств как самих сотрудников, так и соответствие их должности;

– оптимальное распределение сотрудников по местам работы, учитывающее предпочтения, как сотрудника, так и работодателя;
– распределение премиального фонда, учитывающее вклад сотрудника в достигнутые компанией результаты.

Для удобства использования разработанных методов спроектирована информационная система с пользовательским интерфейсом. Система позволит работать с профилями сотрудников и профилями должностей, проводить многокритериальное, оптимальное распределение сотрудников по должностям, производить распределение премиального фонда компании, просматривать и сохранять отчеты.

Литература

1. Capaldo G., Zollo G. Applying fuzzy logic to personnel assessment: a case study // OMEGA // The International Journal of Management Science. – 2001. – № 29. – P. 585–597.
2. Dubois D., Prade H. Fuzzy Criteria and Fuzzy Rules in Subjective Evaluation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.49.7369&rep=rep1&type=pdf, своб.
3. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 306 с.
4. Sajfert Z., Atanaskovic P., Pamucar D., Nikolic M. Application of fuzzy logic into process of decision making regarding selection of managers // African Journal of Business Management. – 2012. – V. 6(9). – P. 3221–3233.
5. Fuller R., Canos-daros L., Canos-daros M. Transparent fuzzy logic based methods for some human resources problems // Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA. – 2012. – № 13. – P. 27–41.
6. Конюховский П.В. Математические методы исследования операций в экономике. – СПб: Питер, 2000. – 208 с.
7. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
8. Таха Х.А. Введение в исследование операций / Пер. с англ. – 7-е изд. – М.: Вильямс, 2005. – 912 с.
9. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://nashaucheba.ru/docs/4/3518/conv_1/file1.pdf, своб.
10. Богданов Ю.Н., Зорин Ю.В., Шмонин Д.А. Мотивация персонала // Методы менеджмента качества. – 2001. – № 11. – С. 14–20.

Добриков Филипп Владимирович
Год рождения: 1990
Факультет компьютерных технологий и управления,
кафедра электротехники и прецизионных электромеханических систем, группа № 6166
Направление подготовки: 140400 – Электроэнергетика и электротехника
e-mail: orlo@bk.ru

УДК 621.314.58, 621.341.572

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СКАЛЯРНОЙ И ПРОСТРАНСТВЕННО-ВЕКТОРНОЙ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ В ТРЕХФАЗНОМ ИНВЕРТОРЕ

Ф.В. Добриков
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Усольцев

Современные системы управления двигателем в асинхронном трехфазном электроприводе базируются исключительно на полупроводниковой элементной базе. Импульсы управления силовыми ключами, формирующие заданную форму выходного напряжения инвертора, возможно синтезировать как аналоговыми методами, так и цифровыми с использованием микропроцессорной техники. При этом микропроцессорная реализация алгоритмов управления по своей сути является лишь интерпретацией аналоговых методов. Разделение алгоритмов управления на скалярные и пространственно-векторные является условным и с энергетической точки зрения в настоящее время нет единой оценки преимуществ какого-либо из этих алгоритмов. Таким образом, задача выбора наиболее эффективного метода управления трехфазным инвертором напряжения остается актуальной и по сей день.

Целью работы являлась разработка виртуальных блоков управления асинхронным электроприводом с различными методами коммутации силовых ключей и оценка с использованием разработанных блоков в совокупности с виртуальной силовой частью электропривода основных показателей качества электроэнергии при работе на RL-нагрузку и на асинхронный двигатель, в частности.

Алгоритм широтно-импульсной модуляции (ШИМ), активно исследовавшийся в течение прошедших десятилетий, получил широкое распространение в различных областях импульсной техники и, в частности, в области импульсного преобразования напряжения в трехфазном инверторе. Изначально в основе широтно-импульсных модуляторов лежал принцип линейной развертки синусоидального типа. Простота понимания и легкость реализации подобного метода на аналоговых компонентах позволила данным модуляторам оставаться востребованными на протяжении длительного времени. В начале 80-х годов прошлого века умышленное введение в синусоидальный сигнал модуляции дополнительных гармоник нулевой последовательности способствовало созданию модуляторов несинусоидального типа.

Это существенно усложнило аппаратную реализацию, но и позволило расширить линейный диапазон регулирования, а также уменьшить коэффициент гармонического искажения (КГИ) выходного сигнала.

В связи с широким внедрением микропроцессорной техники к середине 90-х годов сформировалась концепция пространственно-векторной модуляции. Концепция базируется на вращении пространственного вектора, способствующего вычислению опорных уровней. Опорные уровни выступают в качестве сигналов модуляции и сопоставляются с цифровым сигналом линейной развертки. Данный метод получил название пространственно-векторной

широтно-импульсной модуляции (ПВШИМ). В целом концепция отражает внедрение модуляторов несинусоидального типа в цифровую среду.

В рамках работы был произведен анализ различных методов управления силовыми ключами трехфазного инвертора напряжения, а именно широтно-импульсной модуляции, широтно-импульсной модуляции с внедрением 3-ей гармоники (ШИМ+3Г) или пилообразного сигнала, а также пространственно-векторной широтно-импульсной модуляции. На рисунке представлены сигналы модуляций для ШИМ- с включением 3-ей гармоники и ПВШИМ-методов. В ходе анализа были получены математическое описание методов управления силовыми ключами, временные диаграммы сигналов управления на выходе логических блоков, а также результирующие временные диаграммы токов и напряжений на выходе инвертора.

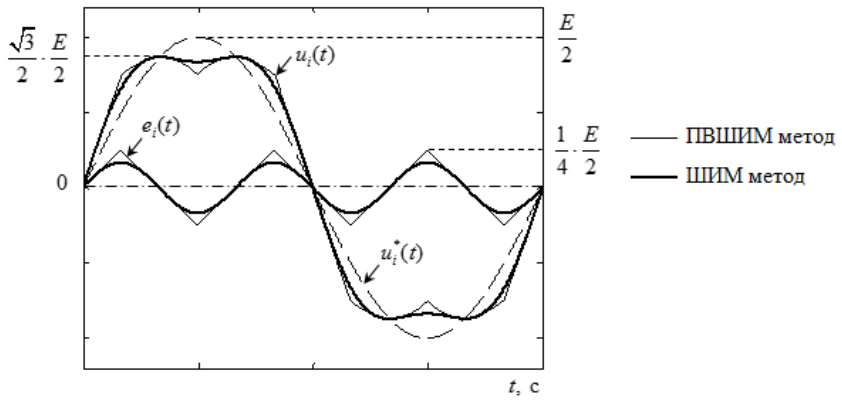


Рисунок. Сигналы модуляций для ШИМ- с включением 3-ей гармоники и ПВШИМ-методов

Работа содержит описание разработанных виртуальных блоков управления асинхронным электроприводом с различными методами коммутации силовых ключей. Особенностью разработанных виртуальных моделей управления является их эквивалентность используемым сегодня реальным устройствам управления двигателями в структуре асинхронного электропривода. В работе создана наиболее полная виртуальная модель системы управления асинхронным двигателем, позволяющая в полной мере оценить процессы, протекающие в реальных устройствах управления, а также оценить влияние этих процессов на энергетику электропривода в целом. Разработанные модели позволяют не только исследовать процессы в разомкнутых системах управления электроприводом, но и позволяют оценить реакцию энергосистемы на внесенные корректировки. Таким образом, представленные модели являются полноценным отладочным комплексом. После того, как внесены необходимые корректировки и оценена реакция энергосистемы, алгоритм можно перенести на микропроцессорное устройство. Легкость конвертации на реальные устройства обусловлена минимальным использованием составляющих визуального языка программирования. С практической точки зрения это упрощает взаимосвязь реальной модели и его виртуального аналога.

Виртуальное моделирование разработанных блоков управления в совокупности с виртуальной силовой частью электропривода при работе на RL-нагрузку и на асинхронный двигатель позволило сделать следующие выводы:

1. «программный» метод реализации алгоритма ПВШИМ является цифровой интерпретацией аналогового метода ШИМ с предварительной модуляцией пилообразным сигналом;
2. несмотря на различие гармонического состава в спектре сигнала задания в блоке управления ключами, алгоритмы на основе ШИМ+3Г и ПВШИМ обеспечивают

примерно одинаковые показатели качества электроэнергии на выходе трехфазного инвертора;
3. за счет меньшей амплитуды первой гармоники выходного напряжения трехфазного инвертора алгоритм ШИМ обеспечивает наихудшие показатели качества электроэнергии по сравнению с ШИМ+3Г- и ПВШИМ-методами;
4. в ходе коммутации ключей инвертора в звене постоянного тока происходят значительные искажения. Исходя из этого,тому для снижения пульсаций входного тока и увеличения ресурса работы силовых конденсаторов звена постоянного тока, если таковые используются, необходимо применение сетевого дросселя;
5. обязательные включения временных задержек длительностью 4 мкс при переключении соседних ключей в стойке обеспечивают снижение амплитуд первых гармоник в среднем на 10,7% для ШИМ+3Г- и ПВШИМ-методов и на 7,9% для ШИМ-метода;
6. характер нагрузки оказывает различное влияние на коэффициент полезного действия (КПД) энергосистемы. Если при $\cos\varphi_{RL} = 1$ КПД энергосистемы для ШИМ-метода был сопоставим с КПД для ШИМ+3Г- и ПВШИМ-методов, то при $\cos\varphi_{RL} = 0{,}1$ разница составила 10%.
7. наименьшее значение КГИ представленных методов управления силовыми ключами составляет 25%, что в соответствии с ГОСТ 13109-97 не позволяет использовать представленные энергосистемы в качестве резервных источников питания без предварительной фильтрации.

Литература

1. Маевский О.А. Энергетические показатели вентильных преобразователей. – М.: Энергия, 1978. – 320 с.
2. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. – Екатеринбург: УРО РАН, 2000. – 654 с.
3. Виноградов А.Б. Векторное управление электроприводами переменного тока. – Иваново: ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», 2008. – 298 с.

Долганов Владислав Олегович
Год рождения: 1991
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра компьютерных технологий, группа № 6538
Направление подготовки: 010400 – Прикладная математика и информатика
e-mail: dolganov.vlad@gmail.com

УДК 004.021

РАЗРАБОТКА МЕТОДА СБОРКИ ТРАНСКРИПТОМА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА КОМПОНЕНТ СВЯЗНОСТИ ГРАФА ДЕ БРЁЙНА

В.О. Долганов
Научный руководитель – к.т.н., доцент Ф.Н. Царев

В работе была рассмотрена одна из важных задач биоинформатики – задача сборки транскриптома. Для данной задачи существует множество решений. Из них

были рассмотрены наиболее широко распространенные. В результате обзора выяснилось, что используемые решения работают продолжительное время. На больших объемах данных такие сборщики могут работать больше недели. В данной работе предлагается новый быстрый метод для решения задачи сборки транскриптома.

С конца XX века все большую популярность приобретает наука биоинформатика. Это связано с открытием в середине XX века «Центральной догмы молекулярной биологии», содержащей правила реализации генетической информации, а также развитием секвенаторов. Секвенаторы позволили получать информацию о последовательностях нуклеотидов. Многие задачи биоинформатики связаны с тремя уровнями хранения и реализации биологической информации: геномом, траскриптомом и протеомом.

Транскриптомом называется совокупность всех транскриптов, синтезируемых клеткой или группой клеток. Он отражает гены, которые экспрессируются в заданный момент времени. Также транскриптом можно рассматривать, как предшественник протеома.

Знание транскриптома полезно во многих задачах биоинформатики и медицины, таких как:

– анализ экспрессии генов;
– открытие новых изоформ транскриптов;
– ускорение исследования генов и расширение семейства генов;
– определение события слияния транскриптов;
– построение физической и генетической карты;
– анализ аллелей.

Транскрипт можно представить, как последовательность нуклеотидов. Таким образом, транскриптом можно рассматривать, как совокупность множества различных нуклеотидных последовательностей.

Получение этих нуклеотидных последовательностей по образцу можно разбить на два этапа:

– секвенирование молекул кДНК, полученных из РНК (производится с помощью специального оборудования – секвенаторов);
– сборка транскриптомных последовательностей (производится с помощью специальных алгоритмов на компьютерах).

Задача сборки транскриптома заключается в восстановлении нуклеотидных последовательностей транскриптов по данным секвенирования. Данная задача на первый взгляд напоминает задачу сборки генома. К сожалению, в задаче сборки транскриптома присутствуют свои сложности, поэтому сборщики генома не подходят для сборки транскриптома.

В связи с этим разработано множество различных сборщиков транскриптома. Наиболее популярные их них рассчитаны на достижение наилучшего качества сборки. Потому данные сборщики могут работать неделями на больших объемах данных.

Возникает задача разработки сборщика транскриптома, который обладал бы не такой хорошей точностью, но работал бы намного быстрее, и была бы возможность запустить его не на основном сервере. Таким сборщиком мог бы воспользоваться исследователь для предварительного анализа данных, не дожидаясь, пока закончит работу более точный алгоритм, что позволит повысить эффективность работы и скорость исследования.

Целью работы являлась разработка быстрого метода сборки транскриптома, который использовал бы небольшое количество памяти.

Из предварительных исследований было принято решение в качестве основной структуры хранения информации выбрать граф де Брёйна [1]. С его помощью можно эффективно по памяти хранить информацию, содержащуюся в чтениях (данных

секвенирования). Вершинами графа де Брёйна являются *k*-меры (последовательности длины *k*). Каждому ребру в графе соответствуют (*k*+1)-меры. Направленное ребро соединяет две вершины графа тогда и только тогда, когда *k*-мер начальной вершины является префиксом (*k*+1)-мера ребра, а *k*-мер конечной – суффиксом.

В задаче сборки транскриптома граф де Брёйна строится по *k*-мерам, полученным из чтений. Заметим, что для хранения графа де Брёйна достаточно хранить только его вершины, так как ребра однозначно восстанавливаются по ним. Также можно хранить только половину вершин графа де Брёйна. Так как цепочки ДНК обратно комплементарны друг другу, то наличия одного *k*-мера подразумевает наличие в графе *k*-мера, обратно комплементарного первому. Таким образом, достаточно хранить только лексикографически меньший из них.

Исследования показали, что построенный на транскриптомных данных граф де Брёйна является несвязным. Он состоит из множества компонент связности. При этом наблюдается множество небольших компонент связности и одна или две большие (рис. 1). При этом большая компонента является сильно связной.

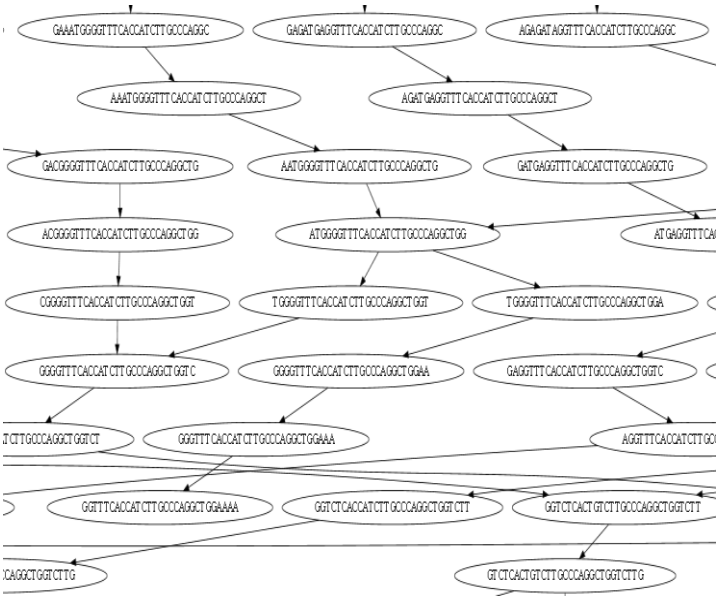


Рис. 1. Большая компонента связности

а б

Рис. 2. Стартовая вершина (а) и отросток (б)

Для анализа небольших компонент был разработан следующий метод. Вначале для каждой вершины степени один определяется, является ли она стартовой (рис. 2, а)

или началом ошибочного отростка (рис. 2, б). Стартовой вершиной считается вершина степени один, расстояние от которой до ближайшей вершины степени три или более (развилки) больше заданной величины. Если вершина имеет степень один и не является стартовой, то она считается началом ложного отростка и удаляется из графа вместе с вершинами степени два, входящих в этот отросток. После чего производится поиск путей в компоненте из найденных стартовых вершин. При поиске путей используется информация о частоте *k*-меров. В пути не могут присутствовать две вершины подряд с отличием частот соответствующих *k*-меров более чем в четыре раза. Ребро между такими вершинами с высокой вероятностью соответствует не альтернативному сплайсингу, а ошибке в чтениях.

Большую компоненту связности таким методом не обработать. В связи с этим был предложен метод для ее разбиения на небольшие компоненты. Для этого из большой компоненты выкидываются ребра, которые вероятнее всего являются ошибочными. Ошибочное ребро определяется по частоте *k*-меров, соответствующих вершинам, которых оно соединяет. Если отношение частот данных *k*-меров больше порогового, то ребро считается ошибочным и исключается из компоненты. Таким образом, большая компонента разбивается на небольшие компоненты, пригодные к анализу.

После выделения компонент связности и разбиения больших компонент, для каждой полученной компоненты независимо запускается метод анализа компонент, описанный ранее. Найденные в компонентах пути считаются восстановленными транскриптами.

Было произведен анализ существующих решений задачи сборки транскриптома [2–4]. Наиболее эффективным и широко распространенным сборщиком транскриптома на момент исследования оказался сборщик Trinity [2]. Этот сборщик был выбран для экспериментального сравнения с предложенным методом.

Эксперимент проводился на транскриптомных чтениях организма домовая мышь [5]. Данные содержали около 32 миллионов пар чтений, длиной около 100 нуклеотидов (16 ГБ). Данные были получены с помощью Illumina Genome Analyzer II. Сравнение производилось на вычислительном узле Университета ИТМО, имеющий следующие характеристики: 24-ядерный процессор AMD Opteron™ Processor 6234, 128 ГБ оперативной памяти. Результаты тестирования представлены в табл. 1.

Таблица 1. Сравнение со сборщиком Trinity

	Разработанный сборщик	Trinity
Число контигов	223432	478826
Суммарная длина контигов	191279463	555989630
Максимальная длина контига	23701	24756
Минимальная длина контига	200	201
Средняя длина контига	856	1161
Время работы	10 ч	41 ч 17 мин

Как видно из результатов, предложенный сборщик работает в несколько раз быстрее, что и было основным требованием в поставленной задаче. Длина самого длинного транскрипта несильно отличается в обоих случаях, что свидетельствует о схожести результатов. Как и ожидалось, предложенный метод восстанавливает меньшее число транскриптов. Большая часть транскриптов, собранных предложенным методом, содержится в сборке Trinity, что указывает на качество сборки.

Также было дополнительно произведено четыре сравнительных эксперимента разработанного метода со сборщиком Trinity на различных транскриптомных данных. Результаты экспериментов показали, что предложенный метод всегда работает быстрее сборщика Trinity (в одном из случаев на порядок), а в некоторых экспериментах практически не уступает по качеству сборки.

Области возможного использования результатов работы. Результатом работы является программное средство для быстрой сборки транскриптома. Реализованный метод обладает меньшими по сравнению с аналогами требованиями к оперативной памяти. Таким образом, для запуска и работы разработанного сборщика не обязательно наличие мощного сервера.

Широко распространенные сборщики могут работать больше недели на больших данных. Предлагаемый сборщик может использоваться исследователем для получения предварительной сборки транскриптома намного раньше. Таким образом, использование результатов проекта уменьшит время между получением исследователем начальных данных и момента начала анализа сборки.

Литература

1. de Bruijn N.G. A combinatorial problem // Koninklijke Nederlandse Akademie v. Wetenschappen. – 1946. – V. 49. – P. 758–764.
2. Manfred G Grabherr, Brian J Haas, Moran Yassour, Joshua Z Levin, Dawn A Thompson, Ido Amit, Xian Adiconis, Lin Fan, Raktima Raychowdhury, Qiandong Zeng, Zehua Chen, Evan Mauceli, Nir Hacohen, Andreas Gnirke, Nicholas Rhind, Federica di Palma, Bruce W Birren, Chad Nusbaum1, Kerstin Lindblad-Toh, Nir Friedman and Aviv Regev. Full-length transcriptome assembly from RNA-Seq data without a reference genome // Nature biotechnology. – 2011. – V. 29. – № 7. – P. 644–654.
3. Schulz M.H., Zerbino D.R., Vingron M., Birney E. Oases: robust de novo RNA-seq assembly across the dynamic range of expression levels // Bioinformatics. – 2012. – V. 28. – № 8. – P. 1086–1092.
4. Robertson G., Schein J., Chiu R., et al. De novo assembly and analysis of RNA-seq data. // Nature methods. – 2010. – V. 7. – № 11. – P. 909–915.
5. The Sequence Read Archive (SRA) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sra.dnanexus.com/runs/SRR203276, своб.

Какунина Анна Станиславовна
Год рождения: 1988
Факультет точной механики и технологий, кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии, группа № 6663
Направление подготовки: 200100 – Приборостроение
e-mail: kakuninaanna@rambler.ru

УДК 004.932.2

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ В МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

А.С. Какунина
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.О. Казначеева

На качество изображений в магнитно-резонансной томографии (МРТ) влияет целый ряд факторов, связанных с аппаратными характеристиками сканера, алгоритмами обработки сигнала или условиями исследования, свойствами вещества. Возникшие помехи могут снижать качество изображения, делая его непригодным для диагностики. Вместе с тем, существуют помехи, которые визуальное качество

затрагивают несущественно, однако вызывают повышение погрешности реконструкции распределения плотности вещества и снижают точность определения геометрических размеров. В связи с этим актуальным являются разработка метода количественной оценки визуального качества томографических биологических объектов в случае отсутствия эталонного изображения.

Целью работы являлась разработка методики количественной оценки качества изображений в МРТ. Достижение поставленной цели работы достигалось решением нижеперечисленных задач:

1. анализ и сравнение объективных и субъективных методов оценки качества медицинских изображений;
2. оценить влияние протокола исследования на качество МР-томограмм;
3. оценить зависимость распределения интенсивностей МР-сигналов от различных тканей в магнитных полях 1,5 и 3 Тл;
4. проанализировать влияние алгоритмов обработки (фильтрации) на характеристики изображения различных анатомических областей с помощью фрактальной размерности.

В МРТ зная параметры протокола исследования и условия его выполнения можно предсказать качество получаемых изображений. Это означает, что можно заранее сформулировать требования к качеству изображения.

Критерии оценки качества изображений можно разделить на количественные (среднеквадратическое отклонение, соотношение сигнал/шум, нормированные оценки) и субъективные (на основе экспертных оценок). Обе группы могут включать абсолютные или сравнительные показатели. Абсолютная мера качества используется для оценки отдельного изображения по рейтинговой шкале. Сравнительные меры используются для ранжирования набора изображений по качеству от «наилучшего» до «худшего» или их сравнения (например, исходного и обработанного).

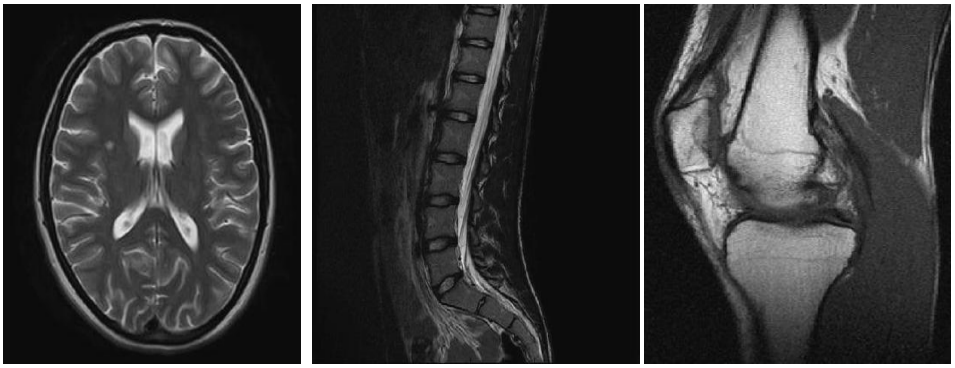
Субъективная оценка качества изображения зависит от внешних факторов – окружающей среды, освещения, содержания изображения, настроения эксперта, качества монитора и др., требует высокого опыта экспертов и не является объективным и универсальным средством. Рейтинговые шкалы для субъективной оценки качества изображений могут формироваться исходя из задач исследований.

Универсального критерия оценки качества, объективного для решения различных задач не существует, что обусловлено сложностью реакции наблюдателя и субъективными причинами. Исходя из этого, часто анализ качества томограмм осуществляется с использованием отдельных критериев, отражающих его определенную характеристику. В общем случае под качественным изображением понимают изображение, формируемое идеальной измерительной системой (истинное).

Экспертная (визуальная) оценка качества МР-томограмм не всегда согласуется с количественными критериями, что требует использования в методике анализа изображений сочетания визуальных и количественных оценок.

Качество исследований в МРТ в значительной степени определяется протоколом исследования, позволяющим задавать импульсные последовательности (ИП), матрицу изображения, число усреднений сигнала, поле сканирования, полосу пропускания, время появления эхо-сигнала, время повторения ИП, длину эхо-трейна, время инверсии, толщину и расстояние среза. Протокол позволяет оценить пространственное разрешение, прогнозировать соотношение сигнал/шум, интенсивность сигнала от отдельных тканей (яркость пиксела). Для исследования возможности оценки качества МР-томограмм с учетом протокола сканирования в работе были проанализированы исследования головного мозга, позвоночника и коленного сустава (рис. 1),

выполненные на 9 томографах различных моделей и фирм-производителей (General Electric, Siemens, Toshiba, Philips).



а б в

Рис. 1. Томограммы: головного мозга (а); позвоночника (б); коленного сустава (в)

Для каждой рассматриваемой серии исследования анализировалась плоскость ориентации среза, взвешенность изображения, используемая последовательность (табл. 1); учет параметров сканирования на данном этапе не выполнялся.

Таблица 1. Анализ исследований головного мозга

ИП	Сканер								
	МРТ1	МРТ2	МРТ3	МРТ4	МРТ5	МРТ6	МРТ7	МРТ8	МРТ9
T2 FSE	cor	sag	sag	–	ax/cor	sag/ax	ax/sag/ cor	ax/cor	ax
T1 SE	sag	sag/cor	–	–	sag/cor	–	ax/sag/ cor	–	cor
T2 Flair	–	ax	ax	–	–	ax	ax	ax	ax/cor
T1 Flair	–	–	cor	ax	–	cor	–	ax	–
PD FSE	ax	–	–	–	–	–	–	–	–
T2 GRE	–	–	–	–	–	–	–	–	–
DWI	+	+	+	+	–	+	+	+	+

Наиболее часто в исследованиях головного мозга используют четыре импульсные последовательности: T2 FSE, DWI, T1 SE, T2 Flair, что объясняется высокой диагностической значимостью получаемых изображений. Диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ) есть не на всех сканерах, однако при их наличии они обязательно входят в стандартный протокол, так как позволяют оценить наличие кровоизлияний, активных очагов, травматических изменений, которые в ряде случаев могут не проявлять себя клинически. Изображения Flair за счет компенсации ликвора, позволяет оценить изменения в белом веществе головного мозга, не дифференцируемые на стандартных Т1 и Т2 изображениях. Последовательности Т2 дают изображения с четкими границами, а и T1 SE используются преимущественно при необходимости введения контрастного препарата для оценки характера его накопления.

Во всех случаях параметры протокола настраиваются индивидуально для каждого аппарата с учетом аппаратных характеристик (имеющихся РЧ-катушек, коэффициента мощности РЧ-усилителя, вида градиентной системы) и требований врачей. При этом часто клиника использует протоколы, обеспечивающие наименьшую продолжительность исследования, и соответственно, более высокую пропускную способность томографа. Совокупность перечисленных факторов объясняет отличие параметров в каждом случае. Протокол получения T2 FSE томограмм головного мозга приведен в табл. 2.

Таблица 2. Протокол получения T2 FSE томограмм головного мозга

	МРТ 1	МРТ 2	МРТ 3	МРТ 6	МРТ 7	МРТ 8	МРТ 9
Время TE, мс	104	107	106	104	93–96	80–90	105
Время TR, мс	4940	6140	6440	4500	4800	3000–4062	5000
Эхо-трейн ETL	15	21	24	21/19	16–18	15–19	13
Полоса, кГц	66,6	24	62	39,1	86–97,8	82	46,8
Матрица	512×264	320×224	512×256	320×256	448×286 512×384	400×319 416×410	384×224
NEX	1	1	0,5	1–2	1–2	1–3	2
Поле FOV, см	17,5×34	26×26	24×24	24×24	18×23 23×23	18×18 23×23	24×24
Срез, мм	4,9	5	5	5	5	1,5–4	5
Расстояние	1	1,5	2	1,5	0,5	0,5–1	1

Во всех случаях пространственное разрешение лежало в диапазоне 0,6–1,2 мм, сигнал от ликвора имел интенсивность до 1500, уровень шума не превышал 40 единиц. Наилучшие параметры обеспечил протокол 3. Поле сканирования 26 см обеспечивает наилучшее заполнение объектом области сканирования. При использовании матрицы изображения 512×384 качество изображения, необходимое в клинической практике, улучшается не пропорционально, поэтому в исследованиях головного мозга достаточно использовать матрицу 320×256. Увеличение длины эхо-трейна ETL способствует снижению продолжительности исследования, но в то же время приводит к снижению соотношения сигнал/шум, поэтому для достижения наилучшего результата целесообразно использовать ETL более 16.

Второй тип анализируемых данных – исследования позвоночника. Наиболее часто в них используют четыре импульсные последовательности: T2 FSE, T1 SE, T1 Flair и STIR . Необходимость сканирования протяженной анатомической области (особенно в случае грудного отдела позвоночника) обуславливает использование большого поля сканирования (чаще более 28 см). При таких значениях FOV подавление сигнала от жира частотным способом (опция fat sat) может дать некорректный результат из-за влияния локальных неоднородностей основного поля. Одновременно необходимо учитывать пульсацию ликвора, наиболее сильную в шейном отделе позвоночника, и выбирать направление кодирования фазы, компенсирующее возникающие эффекты. Изображения, имеющие PD-взвешенность, необходимы крайне редко.

В работе проанализированы протоколы сканирования пояснично-крестцового отдела позвоночника, которые всех случаях обеспечивали пространственное разрешение в диапазоне 0,43–1,25 мм. Сигнал от ликвора составлял до 1100 ед., уровень шума не превышал 80 ед. Для импульсной последовательности T2 FSE наилучшие параметры обеспечивает протокол с параметрами: поле сканирования 28 см, матрица 256×256, ETL=21, NEX=2, толщина среза около 4 мм.

Далее анализу подвергались МРТ исследования коленного сустава, полученные в 10 различных медицинских учреждениях. Выявлено, что наиболее часто в МРТ коленного сустава используют четыре импульсные последовательности: T1 FSE, PD FSE-fs, T2 FSE и T2 GRE. На T2 изображениях хорошо дифференцируются костные структуры, одновременно обеспечивая высокую интенсивность сигнала от хряща. Изображения GRE дают высокий сигнал от хряща и мениска, позволяет выявить их повреждения, в том числе связанные с уменьшением толщины хряща. Изображения с подавлением жира позволяют выявить отек в полости сустава, травматические повреждения костей, воспалительный процесс.

Во всех случаях разрешение составило от 0,43 до 0,78 мм. При этом сигнал от ликвора составил около 1300 ед., шум не превышал 120 ед. Протокол получения T1 FSE томограмм коленного сустава дает изображения лучшего качества при использовании параметров: поле сканирования 20 см, матрица 256×224, ETL=16, NEX=1, толщина среза 4 мм.

Далее выполнялась оценка зависимости распределения интенсивностей МР-сигналов от различных тканей в магнитных полях. В данной работе для анализа использовались экспериментальные данные, полученные на МР-томографах с полем 1,5 Тл и 3 Тл с помощью DW EPI импульсной последовательности со следующими базовыми параметрами: время эхо-сигнала TE=77,5 и 80 мс, время повторения TR=8000 мс, фактор диффузии β=1000 с/мм², толщина среза 5 мм, поле сканирования 36×30 и 34×34 см, матрица изображения 128×128 и 256×256, ширина полосы пропускания BW=125 кГц, расстояние между срезами 2 мм, число усреднений сигнала NEX=1, количество исследований 83 и 93.

Количественный анализ экспериментальных данных выполнялся в программе eFilm. Измерения интенсивности сигнала выполнялись в двух областях: области белого вещества головного мозга и области головки хвостатого ядра (серое вещество) головного мозга для левого и правого полушарий.

Результаты измерений интенсивностей сигнала белого и серого веществ для ДВИ и T2 изображений, полученных в поле 3 Тл показывают, что интенсивность сигнала на ДВИ лежит в диапазоне 360–1210 единиц, а на T2 изображении – 810–2610 единиц. В обоих случаях распределение сигналов близко к нормальному (рис. 2), однако в области низких значений существует дополнительный пик, появление которого может быть связано с наличием помех на некоторых изображениях.

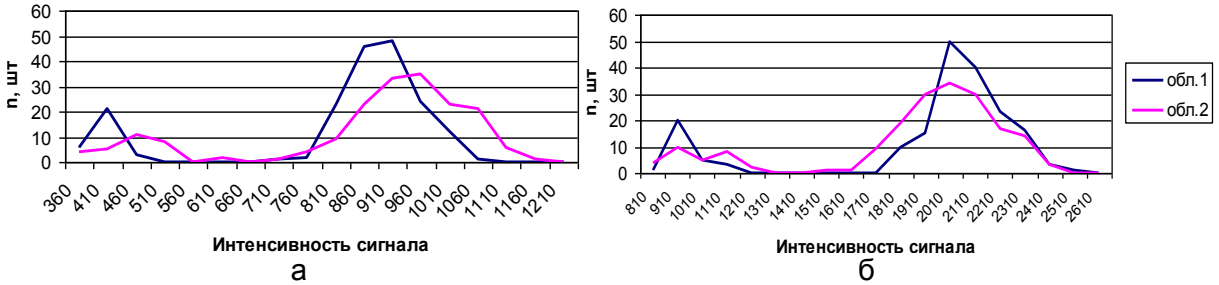
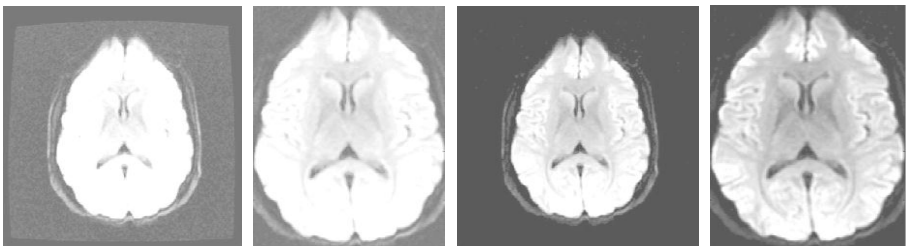


Рис. 2. Интенсивности МР-сигналов для ДВИ (а) и T2 (б) EPI-изображений

На следующем этапе работы выполнялись исследования возможностей вейвлет-анализа для повышения точности определения коэффициента диффузии и снижения артефактов. Анализ данных выполнялся с использованием четырех способов обработки изображения:

1. исходные изображения без изменений;
2. из поля обзора отсекалась прямоугольная область, размер которой соответствовал размеру объекта исследования, что позволило минимизировать общую зашумленность сигнала при вейвлет-разложении;
3. исходное изображение со сниженным уровнем шума;
4. изображение, с отсеченной прямоугольной областью и сниженным уровнем шума (рис. 3). Для расчета коэффициента диффузии использовались восстановленные изображения.



а б в г

Рис. 3. Томограммы: исходное изображение (а); ограничение области обработки (б); отсечение шума по порогу (в); ограничение области и отсечение шума по порогу (г)

Обработка выполнялась в пакете MATLAB 7.0.1 с помощью вейвлетов Хаара и Добеши db8 с уровнем разложения 2 [1]. На T2 и DWI-изображениях выделялись идентичные фрагменты матриц, соответствующие анализируемым областям. Для каждого фрагмента измерялось среднее значение интенсивности сигнала. Затем выполнялась обработка обеих исходных томограмм с использованием аппарата вейвлет-анализа. Результаты расчета коэффициета диффузии (табл. 3–4) показывают незначительное отличие рассчитанных коэффициентов диффузии для выбранных базисных вейвлет-функций и алгоритмов обработки, а также позволяет снизить влияние артефактов ложных изображений.

Таблица 3. Коэффициент диффузии ($\times 10^{-6}$ мм^2/с) для изображений в поле 1,5 Тл

Используемый фильтр	исходное изображение		с отсеченной областью		Со сниженным уровнем шума		с отсеченной областью и сниженным уровнем шума	
Вещество	белое	серое	белое	серое	белое	серое	белое	серое
Хаара 2	785±9,5	779±8,6	782±8,7	776 ± 7,8	780±7,7	773±6,3	778±5,3	768±6,4
Хаара 3	784±9,3	779±8,3	781±9,1	772± 7,3	781±7,3	775±5,9	779±5,3	768±5,3
Добеши db8	779±8,9	775±7,7	776±8,5	770± 6,7	779±7,7	768±6,6	773±5,8	762±6,9

Результат обработки имеет слабо выраженную зависимость от индукции основного магнитного поля, при этом в ряде случаев дисперсия значений увеличивается, что может быть объяснено более высокой интенсивностью регистрируемого сигнала.

Таблица 4. Коэффициент диффузии ($\times 10^{-6}$ мм^2/с) для изображений в поле 3 Тл

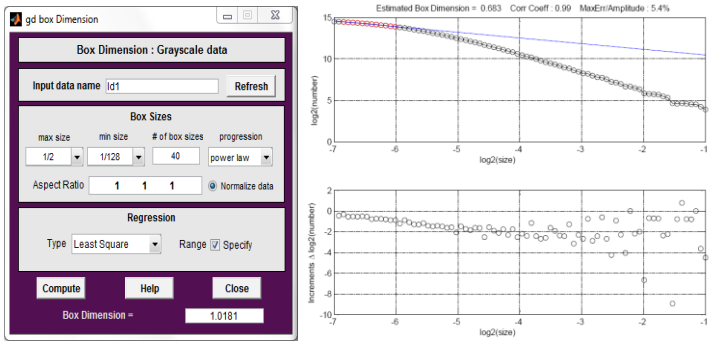
Используемый фильтр	исходное изображение		с отсеченной областью		Со сниженным уровнем шума		с отсеченной областью и сниженным уровнем шума	
Вещество	белое	серое	белое	серое	белое	серое	белое	серое
Хаара 2	781±13,5	777±15,1	771±11,2	768±14,1	780±13,9	779±11,6	770±10,7	767±13,9
Хаара 3	781±13,3	777±15,7	774±12,1	770±14,1	781±13,3	779±12,3	774±12,0	770±14,2
Добеши db8	779±12,5	776±14,3	766±10,7	758±13,9	778±13,5	777±13,1	766±10,4	758±13,8

Анализ результатов показал, что наиболее эффективным является способ обработки томограмм, когда из поля обзора отсекается прямоугольная область и затем выполнялась обработка с помощью вейвлета-Добеши.

На следующем этапе выполнялся расчет фрактальной размеренности, которая может служить эффективным инструментом оценки структурных изменении в

биологических тканях. В качестве исходного экспериментального материала использованы результаты томографического обследования 20 добровольцев, полученные в поле 3 Тл. Расчет фрактальных характеристик выполнялся в пакете Fraclab 2.0.5 среды MATLAB R 2009b. Анализируемые данные загружались в рабочую область, затем выбирался способ расчета фрактальной размерности и выполнялся анализ с помощью функции Box Method (рис. 4). Данное меню позволяет выбрать размер анализируемого фрагмента («max size», «min size»), количество точек при вычислении «# of sizes», вид зависимости при построении («progression») – линейная или экспоненциальная, тип регрессии.

Анализу влияния условий измерения на результаты фрактальной оценки подвергались T2, T2 FLAIR, T2 Propeller и DWI-взвешенные изображения идентичных срезов, что обеспечивало разную контрастность тканей. Рассматриваемые четыре вида томограмм позволяют получить достаточно подробное и точное изображение интересующих нас в данной работе областей мозга. В частности, на полученных томограммах хорошо видны и белое, и серое вещества, что дает возможность лучше проанализировать структуру этих участков мозга.



а б

Рис. 4. Фрактальный анализ сигнала: окно Box Method (а); построенные зависимости (б)

Фрактальная оценка томограмм основана на расчете фрактальной размерности с использованием четырех способов обработки изображения:

1. исходные изображения без изменений;
2. из поля обзора отсекалась прямоугольная область, размер которой соответствовал размеру объекта исследования, что позволило минимизировать общую зашумленность сигнала при расчете фрактальной размеренности;
3. исходное изображение, обработанное вейвлетом Добеши db8 с уровнем разложения 2;
4. исходное изображение, обработанное фильтром Винера.

Для каждого случая рассчитывались средние значения фрактальной размерности и среднеквадратическое отклонение (СКО) (табл. 5).

Таблица 5. Фрактальная размерность для томограмм разной взвешенности

	Исходное изображение	С отсеченной областью	Обработанное вейвлетом db8	Обработанное фильтром Винера
DWI	0,81±0,14	0,73±0,07	0,55±0,03	0,97±0,05
T2	0,97±0,17	0,82±0,14	0,58±0,04	1,12±0,10
Propeller	0,67±0,09	0,77±0,07	0,54±0,02	0,90±0,06
Flair	0,76±0,07	0,84±0,09	0,60±0,03	0,98±0,07

Результаты исследования показывают, что фрактальная размерность зависит от типа выбранной импульсной последовательности, а предложенные способы предобработки позволяют незначительно влиять на фрактальную размеренность.

На основе вышеперечисленных исследований предложен следующий алгоритм оценки качества изображений в МРТ при отсутствии эталона:

1. анализ протокола исследования или отдельной серии:
   - определение типа импульсной последовательности;
   - расчет пространственного разрешения;
   - оценка яркостных параметров;
   - анализ продолжительности сканирования;
2. анализ интенсивности сигналов:
   - расчет среднего значения и СКО;
   - определение вида шума;
   - измерение среднего значения шума фона;
   - расчет СКО шума фона;
3. фрактальный анализ:
   - оценка типа изображения (взвешенности томограммы);
   - выбор вида обработки томограммы;
   - выбор алгоритма фрактального анализа.

Таким образом, выполненные в работе исследования показывают, что:

- экспертная (визуальная) оценка качества МР-томограмм не всегда согласуется с количественными критериями, что требует использования в методике анализа изображений сочетания визуальных и количественных оценок;
- анализ протоколов МР-исследований, выполненных на разном оборудовании, показал, что пространственное разрешение 0,9 мм при визуальной оценке обеспечивает наилучшие показатели;
- вне зависимости от магнитной индукции и типа исследуемых тканей, распределение интенсивностей МР-сигналов близко к нормальному закону; дисперсия измеренных значений уменьшается с увеличением магнитного поля;
- использование стандартных фильтров снижает шум, одновременно приводя к снижению резкости структур; вейвлет-анализ позволяет не только снизить уровень шума, но и интенсивность артефактов;
- фрактальная размеренность зависит от выбора импульсной последовательности и может служить эффективным инструментом оценки структурных изменений в биологических тканях.

Существующие подходы к оценке качества изображений используют лишь один критерий, что часто не дает совпадения визуальных и количественных оценок. Анализ протоколов МР-исследований, выполненных на разном оборудовании позволил выявить зависимость между параметрами сканирования (импульсной последовательностью, разрешением, продолжительностью сканирования и др.) и количественными характеристиками получаемых томограмм. Для T2 и DWI EPI-изображениям выполнена оценка влияния индукции магнитного поля на распределение измеренных МР-сигналов, которое близко к нормальному закону. Дисперсия измеренных интенсивностей МР-сигналов уменьшается с увеличением магнитного поля.

Выполненная в работе оценка качества томограмм после применения различных фильтров показала влияние алгоритма обработки и характера исходных данных на рассчитанное значение фрактальной размерности. Одновременно выявлено, что вейвлет-анализ позволяет не только снизить уровень шума, но и интенсивность артефактов. Зависимость фрактальной размерности медицинских изображений от возраста пациента не выявлена.

В целом, для всех рассмотренных последовательностей отсутствуют грубые погрешности, ошибки и резкие скачки значений, это позволяет сделать вывод о том, что различные условия измерения не меняют общей тенденции фрактальных

характеристик. Фрактальная размеренность может служить эффективным инструментом оценки структурных изменений в биологических тканях.

Литература

1. Казначеева А.О., Власюк А.В., Кудряшов А.В. Возможности вейвлет-преобразований в повышении точности измерений параметров диффузии в МРТ // Научно-технический вестник ИТМО. – 2009. – № 5 (63). – С. 86–91.
2. Монич Ю.И., Старовойтов В.В. Оценки качества для анализа цифровых изображений // Искусственный интеллект. – 2008. – № 4. – С. 376–386.
3. Bornert P., Jensen D. Single-shot-double-echo EPI // Magnetic resonance imaging. – 1994. – V. 12(7). – P. 1033–1038.

Коптева Наталия Михайловна
Год рождения: 1991
Факультет естественнонаучный, кафедра интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере, группа № 6709
Направление подготовки: 230400 – Информационные системы и технологии
e-mail: nk_sportgirl@mail.ru

УДК 004.424

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ВЫБОРА МУЗЫКАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В МУЗЫКАЛЬНУЮ ШКОЛУ

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

Инновационные педагогические технологии сегодня активно внедряются в общеобразовательную жизнь. Также не без внимания остается и система дополнительного образования, которая все больше проявляет стремление к построению вариативных, личностно-ориентированных программ, учитывающих индивидуальные особенности ребенка. Однако проблема состоит не только в том, чтобы компьютер отслеживал динамику музыкального развития, предоставлял сравнительную информацию эффективности традиционных и инновационных технологий. Самой важной задачей – является разработка нового подхода к диагностике музыкальных способностей, как инструмента определения слабо развитых структур музыкальности индивида. С целью построения обоснованной (а не субъективно надуманной) программы музыкально-педагогической помощи в развитии соответствующих свойств и качеств личности. При обнаружении внутренних условий – уровне слуховой чувствительности – уместно ставить дидактические задачи по реализации музыкальных проектов: воспроизведения музыкального материала в соответствии с требованиями, адекватными способностям индивида.

В работе ставился вопрос о возможности и принципах создания информационных методических ресурсов для системы контроля слуховых возможностей абитуриентов, поступающих в музыкальные школы.

Слуховые возможности – это особенности чувствительности уха к звуковым колебаниям различных частот. В этом значении слова возможности – есть необходимый набор, включающий восприятие звуков на частотах всего слышимого диапазона для успешных занятий по какому-либо музыкальному классу.

Целью успешных занятий музыкой является грамотный подбор музыкального инструмента, учитывающего все характеристики и предпосылки ребенка, а также поддержание мотивации к обучению на протяжении всего учебного плана, и приобретение навыков для дальнейших занятий в музыкальных коллективах (оркестрах, ансамблях).

В связи с этим проблема инновационных педагогических технологий в системе контроля слуховых возможностей представлена в данной работе как проблема тестирования слуха. Разработка технологии слухового тестирования рассматривается как средство для достижения цели моделирования.

Традиции вступительных испытаний в музыкальные школы, где их огромный удельный вес работы педагога-экзаменатора с абитуриентом в определенной мере тормозят распространение идей использования компьютерных технологий. Но можно ли за 5–7 минут получить полное представление о музыкальных способностях в нервозной обстановке экзамена и применяя шаблонные мерки. «Для того чтобы понять, к какому конкретному типу из всего бесконечного разнообразия принадлежит данный, живой, настоящий, сидящий перед нами или бегающий около нас ребенок, необходимо уметь определить степень развития у него если не всех, то хотя бы основных наиважнейших, ключевых психологических, психических, физиологических особенностей…» [3] – слова крупнейшего отечественного генетика профессора В.П. Эфроимсона из его книги «Загадка гениальности». Причинами негативного отношения выдвигаются механистичность, стандартность обучающих, в том числе тестовых процедур на компьютере. Такие мнения нетрудно объяснить тем, что современный отечественный рынок обучающих продуктов наводнен достаточно простыми и упрощенными до примитивизма тесто-тренажерами. Они, как правило, создаются не музыкантами или людьми, имеющими скромное музыкальное образование. Задача состоит в том, чтобы привлечь квалифицированные методические кадры к актуальным дидактическим разработкам.

Моделирование системы использования таких инновационных форм, как диагностика слуха и принятие решения выбора музыкального инструмента, является актуальной в плане компьютерной модели.

Объект исследования – слух абитуриентов, поступающих в музыкальную школу.

Предметом исследования являются объективные данные слуха.

Развитие и логика исследования предопределялись следующей исходной гипотезой. Объективная диагностика данных слуха позволяет осуществить выбор требуемого обучения в музыкальной школе.

Для доказательства выдвинутой гипотезы следовало решить следующие задачи:

1. выполнить анализ существующих подходов и методик диагностики музыкальных способностей при поступлении в музыкальную школу;
2. выполнить анализ музыкально-компьютерных технологий, методов исследования слуха;
3. сопоставить данные, полученные выбранным методом исследования слуха с данными диапазона частот музыкальных инструментов;
4. промоделировать процесс тестирования слуха и выбора музыкального инструмента;
5. разработать алгоритм и методики принятия решений выбора музыкального инструмента на основе объективных данных слуха;

6. разработать прототип системы поддержки принятия решений выбора музыкального инструмента.

Учитывая актуальность вопроса диагностики нарушений слуха и важность решаемой задачи, автором работы была поставлена цель: разработать модель информационной системы поддержки принятия решений выбора музыкального инструмента.

Инновационные технологии как средство для личностно-ориентированного подхода в музыкальном образовании. Процесс информатизации образования в настоящее время находится в стадии интенсивного роста. Новые информационные технологии, возникающие как следствие общего процесса информатизации общества, находят все большее применение в образовательном процессе при преподавании различных дисциплин. К таким дисциплинам, помимо технических наук, относятся и предметы художественных направлений. Применение компьютерной техники в музыкальной сфере составляет одну из примечательных особенностей современного этапа музыкально-исторического развития. Проблемы компьютеризации музыкального обучения начинают обсуждаться в конце 80-х гг. прошлого века, в связи с тем, что в нашей стране компьютеризация образовательных учреждений, в том числе и музыкальных, началась только в середине 1980-х гг. Авторы обращают внимание, как на позитивные возможности компьютера (тренировочная и информационно-поисковая функция, инструмент сочинения новых звуков), так и на опасности отклонений от истинных целей художественного воспитания: «Быть ... мастером учительского дела – социальная, этическая необходимость. Компьютеризация сама по себе не решает центральной задачи педагогики – проблемы воспитания духовности, а скорее обостряет ее, заставляя ставить вопрос о смысле и целях педагогического труда резко и бескомпромиссно» [2]. Наиболее полным исследованием обучающих компьютерных технологий в музыкальном образовании является монография С. Полозова, выпущенная издательством Саратовского университета в 2002 г. Автор исследует комплекс проблем, связанных с методологией и определением оптимальных условий функционирования в музыкальном обучении компьютерных технологий. Им исследована среда обучения и характер взаимодействия в ней компьютера, педагога и ученика; разработана классификация музыкального программного продукта; показаны формы и методы использования компьютера в музыкальном образовании; обозначены некоторые перспективы развития компьютеризации музыкального образования и применения компьютерных технологий в различных формах музыкальной деятельности. Сегодня образовательные учреждения разрабатывают методики, направленные на развитие детей с учетом их возрастных и индивидуальных способностей, организацию их общения, в которых компьютер используется как средство для интеллектуального и творческого развития. Потребность в объективации музыкально-нормативных характеристик развивающейся личности с каждым годом все более возрастает и является актуальной, прежде всего, для практикующих музыкантов-педагогов общеобразовательных и музыкальных школ. Система дополнительного образования сегодня также все активнее проявляет стремление к построению вариативных, личностно-ориентированных образовательных программ, учитывающих индивидуальные особенности ребенка. Требование, которое является решающим в организации условий успешно-конструктивной музыкальной деятельности учащихся – это объективная констатация индивидуальных особенностей музыкальности и динамики музыкального развития субъекта. Осознание педагогическим сообществом реальных дидактических возможностей обучающих компьютерных технологий ставит во главу угла вопрос о месте компьютера в учебном процессе.

Здоровый слух как основа успеха в музицировании.

Восприятие звука. Способность воспринимать звуки органами слуха – есть специальная функция слухового аппарата, возбуждаемая звуковыми колебаниями. Согласно резонансной теории Гельмгольца, в улитке происходит первичный пространственный анализ звуков. Это впервые позволило объяснить основные свойства уха, т.е. определение высоты, силы и тембра. Здоровому ребенку присуща высокая степень врожденной чувствительности ко всем проявлениям окружающей жизни и воздействиям людей, находящихся рядом. В частности, ребенок от природы чрезвычайно восприимчив ко всем характеристикам звука: высоте и ритмической организации, динамике, тембру. Однако современный технический прогресс, влекущий за собой повышенный шумовой фон, излишняя ограниченность к многообразию звуков, последствия родовой травмы, воздействия продолжительного шума и вибраций, инфекционных заболеваний ребенка (менингита, скарлатины, кори, ветряной оспы, вирусного энцефалита), а также интоксикаций некоторыми лекарственными веществами способствуют снижению чувствительности слухового органа. И, как следствие, возможно появление провалов в диапазоне слышимости. Нормальное восприятие звуков возможно только в том случае, если все «части» слухового анализатора здоровы, т.е. способны функционировать адекватно и оптимально.

Мотивация к музицированию. Способность различать звуки по их качественным характеристикам составляет основу музыкального слуха. Развитие музыкального слуха может поспособствовать расширению и обогащению диапазона слышимости. Творческая жизнь в музыке основывается на хорошем слухе. Традиционные приемные испытания в музыкальные учреждения субъективно выявляют наличие музыкального слуха и способность заниматься игрой на музыкальных инструментах или вокалом. Учащиеся с удовольствием занимаются и зачастую, музыка становится определяющим в их дальнейшей карьере. Но есть огромный слой детей, которые занимаются для общего развития и которые не всегда находят мотиваций для дальнейших занятий. У них часто пропадает интерес, и они бросают начатое дело. Наличие мотиваций – это, прежде всего, интерес и доступность. Однако не все могут развиваться быстро, как способные от природы, да еще и велика вероятность на сегодняшний день наличие пониженной чувствительности, вследствие тех или иных факторов. Провалы в слухе могут остаться незамеченными и неспособность слышать на той или иной частоте становится фактором понижения мотивации. Подобные проблемы со слухом могут возникнуть как на ранних этапах обучения, так и на занятиях в различных музыкальных коллективах, где спектр частот гораздо более многообразный, нежели чем в индивидуальных занятиях. Знание слуховой чувствительности – есть основа занятий индивидуально-направленных, где построение программы строится, исходя из возможностей индивида, и идет работа на исчезновение лично его слуховых провалов. Таким образом, использование какой-либо диагностики слуха в медицинских целях целесообразно использовать, а также и для музыки. Обычные вступительные испытания показывают лишь наличие музыкального слуха или какой-либо его доли. Использование диагностики слуха поможет понять характер нарушений слуха, установить проблемы с восприятием частот. Основываясь на этих показаниях, можно строить индивидуальную программу обучения, выбирать инструмент согласно слышимым частотам, приводить слух в проблемных зонах к норме.

Таким образом, нормальный слух – это залог хорошего музыкального воспитания, ориентированный, как и на дальнейшее образование, так и на общее развитие личности.

Традиционная система диагностики при поступлении в музыкальную школу. Тенденция современного периода, сформировавшаяся в период финансового кризиса 90-х гг., выдвинула на первый план проблему снижения уровня образования в музыкальных школах. У людей не хватало денег на обучение, в результате упал конкурс, что привело к снижению его уровня (принимали всех, кто придет). Соответственно, дети не могли учиться по требованиям, предъявляемым к способным детям.

Традиционная система выявления музыкальных способностей на сегодняшний день не справляется с массовым потоком детей. Ведь, помимо способных, выявить которых было довольно просто, есть и большое количество детей «средних», способности которых по тем или иным причинам не смогли развиться спонтанно. Теперь, к проблеме музыкально-эстетического воспитания детей присоединилась задача выявления наиболее способных детей, решить которую с помощью традиционной системы непросто.

Суть традиционной системы заключается в следующем: у ребенка проверяются слух, память и ритм. Испытуемый поет выученную дома песенку, а также находит ноту, сыгранную педагогом, и далее различные интерпретации для проверки слуха и памяти в зависимости от самой школы. Еще возможен вариант запоминания песенки, предлагаемой педагогом и воспроизведения ее.

Определение музыкального ритма сводится к простому повторению ритма (прохлопыванию), который простучал педагог или сыграл на фортепиано.

Известный советский педагог и музыковед А.Д. Алексеев утверждает, что «правильное и выразительное пение песен уже служит достаточным свидетельством того, что у ребенка есть музыкальные данные» [1]. Однако из этого вовсе не следует, что неправильное интонирование может свидетельствовать об отсутствии таковых.

Испытание довольно сиюминутно, проходит в течение 5–7 минут. Но вряд ли возможно за это малое время обнаружить весть комплекс дарований. Не имея вокальных данных, ребенок может обладать прекрасным внутренним слухом. А незнакомая и нервозная обстановка экзамена может напрочь не раскрыть заложенной ритмической одаренности.

Литература

1. Алексеев А.Д. Работа над музыкальным произведением с учениками школы и училища. Сочинение. – М.: Музыкальное государственное издательство, 1957. – 190 с.
2. Двойнина Г.Б. Методы обучения музыке в современной школе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eidos.ru/journal/2005/0529-05.htm, своб.
3. Эфроимсон В.П. Загадка гениальности. – М: Знание, 1991. – 60 с.

Костин Александр Олегович
Год рождения: 1991
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга,
группа № 6212
Направление подготовки: 223200 – Техническая физика
e-mail: kostinsasha91@mail.ru

УДК 537.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩЕГО МОДУЛЯ АКТИВНОЙ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

А.О. Костин
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.А. Кораблев

Активная фазированная решетка – это тип антенн в виде антенных излучателей, в которых относительные фазы сигналов изменяются так, что в нужном направлении они усиливаются, а в других – подавляются. В каждом модуле активного элемента – усилитель (СВЧ генератор). Активные фазированные антенные решетки (АФАР), содержащие большое количество управляемых элементов, входят в состав наземных, водных и воздушных средств радиоустройств.

Основой пространственного канала обработки сигнала в АФАР является приемо-передающий модуль (ППМ). Элементной базой, на которой выполняются ППМ, в настоящее время являются, как правило, СВЧ транзисторы из арсенида галлия (GaAs). Основной недостаток таких транзисторов – низкий коэффициент полезного действия (КПД), который составляет для различных изделий около 10–20%. [1]. В результате, в рабочем режиме элемент выделяет большое количество тепловой энергии, которую следует отвести от рабочего тела. Это нужно для того, чтобы предотвратить выход из строя элемента, а также всего модуля в целом. На нормальное функционирование АФАР сильное влияние оказывает тепловой режим ППМ. При повышение температуры элементов:

- уменьшается величина максимальной мощности выходного сигнала;
- различие в температурах активного элемента и фазовращателя увеличивается, что влечет появление дополнительных случайных ошибок в амплитудном и фазовом раскрытии антенны;
- ухудшается полный КПД АФАР;
- снижается коэффициент направленного действия антенной решетки;
- снижаются срок службы модуля, уровень надежности, экономические показатели антенны в целом.

ППМ был исследован с помощью тепловизионной установки, состоящей из:

1. приемопередающего модуля;
2. охлаждающей плиты. Материал этой плиты – медь, так как она обладает высокой теплопроводностью. Сама плита начищенная, гладкая. Это сделано для уменьшения шероховатости поверхности и для увеличение площади контакта поверхности и лучшему теплоотводу от испытуемого объекта. Механизм передачи теплоты в зоне контакта довольно сложен. В местах непосредственного контакта твердых поверхностей теплота переносится путем теплопроводности, а в зазорах, заполненных газом или жидкостью, – путем конвекции и излучения;
3. тепловизора FLIR SC620;
4. термостата жидкостного ТЖ-ТС-01;
5. гибких трубок;

6. источника питания ТЭС-12

С помощью тепловизора были выявлены элементы с тепловыделениями повышенной плотности. Каждый элемент обладает своей степенью черноты, поэтому, чтобы провести более верные испытания, весь модуль заранее окрашивался черным спреем со степенью черноты 0,95.

В ходе исследования при мощности в 10 Вт были выявлены наиболее нагретые участки ППМ. Как видно на рис. 1 уже при такой мощности некоторые микросхемы достигают температур в районе 80°С, а предельная температура модуля – 120°С. Предполагается, что мощность будет увеличена в 3 раза, что приведет к перегреву элементов и в дальнейшем выходе из строя всего модуля. Еще возможен вариант эксплуатирования модуля в среде с высокой температурой окружающей среды. Чтобы этого не допустить необходимо предложить конструкцию жидкостной системы (КТС) охлаждения.

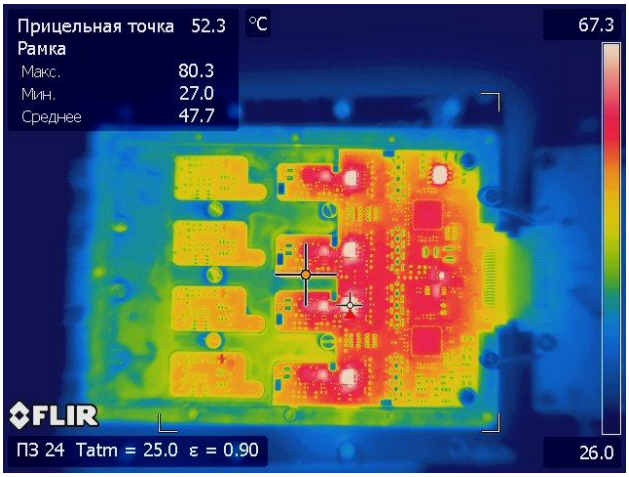


Рис. 1. Термограмма ППМ

Была предложена иная схема охлаждения модуля. В ней между двумя модулями ставиться охлаждающий корпус со теплостоками в виде столбиком из поликора, идущим непосредственно к наиболее теплонагретым элементам. Чтобы уменьшить КТС используется термопаста КПТ-8. По корпусу прокачивается охлаждающая жидкость антифриз А65. Он был выбран по требованию заказчика. Такой корпус позволяет непосредственно охлаждать наиболее теплонагруженные элементы, а также охлаждать модуль с двух сторон. Был проведен тепловой и гидравлический расчет модуля (рис. 2).

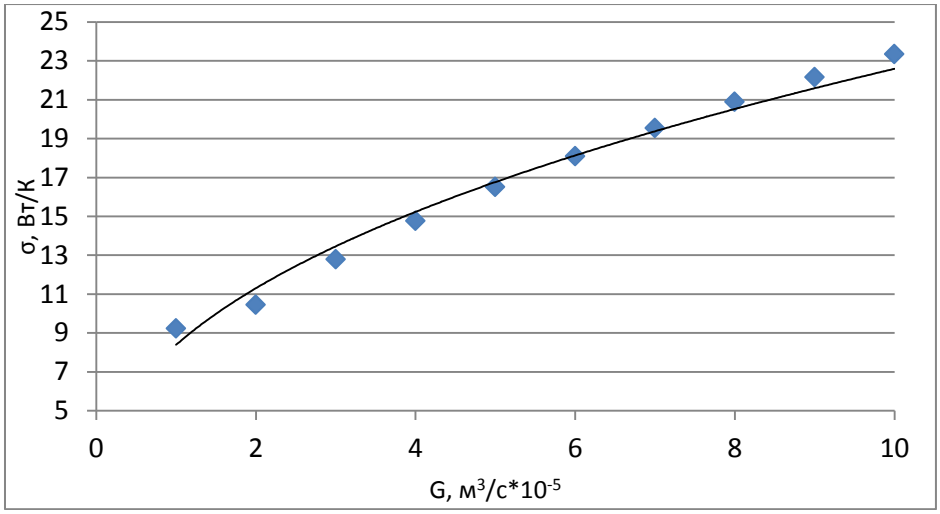


Рис. 2. Зависимость тепловой проводимости от расхода

Литература

1. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре. Учебник для вузов по спец. «Конструирование и производство радиоаппаратуры». – М.: Высшая школа, 1984. – 247 с.
2. Воскресенский Д.И., Канащенков А.И. Активные фазированные антенные решетки. – М.: Радиотехника, 2004. – 488 с.
3. Глушицкий И.В,, Зайченко И.И. Конструктивные особенности устройств охлаждения для бортовых АФАР // Антенны. – 2008. – № 9. – С. 70–74.

Коцюба Игорь Юрьевич
Год рождения: 1991
Факультет естественнонаучный, кафедра интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере, группа № 6709
Направление подготовки: 230400 – Информационные системы и технологии
e-mail: igor.kotciuba@gmail.com

УДК 004.81

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ УЧЕБНОГО ПЛАНА ДЛЯ ВУЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ КАРТ

И.Ю. Коцюба
Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.Ф. Гусарова

В работе рассматривались методы и алгоритмы поддержки принятия решений при разработке учебного плана вуза с применением нечетких когнитивных карт.

Введение. Современное высшее образование должно отвечать высоким и быстро изменяющимся требованиям. Согласно Федеральному стандарту высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) [1], вузы должны ежегодно обновлять основные образовательные программы (ООП) с учетом изменения науки, техники, технологий, культуры, экономики, социальной сферы.

ФГОС ВПО дает информацию о количестве зачетных единиц, отводимых на базовую и вариативную части рабочего учебного плана, однако не регламентирует распределение зачетных единиц по конкретным дисциплинам. В то же время, согласно [2, 3], в вузах экспертные оценки заведующих кафедрами, а также опыт и интуиция преподавателей, основывающихся на субъективные мнения о месте и роли каждой дисциплины, при соблюдении образовательных стандартов определяют порядок изучения дисциплины в учебном плане.

Основные понятия теории нечетких когнитивных карт. Когнитивный подход – один из перспективных подходов к принятию решений, ориентированный на то, чтобы активизировать мыслительные процессы человека и помочь ему зафиксировать свое представление о проблеме в виде формальной и, в значительной степени, субъективной модели – когнитивной карты. Если формальная запись когнитивной карты представляет собой граф, в котором концепты предметной области представляют собой узлы графа, а логические связи между концептами – ребра, то в нечетких когнитивных картах ребрами графа являются причинно-следственные связи между

концептами, которые указывают направление влияния одного концепта на другой и степень этого влияния, представляющую собой нечеткое множество.

Составление нечетких когнитивных карт экспертами, принимающими участие в разработке учебного плана. Для формализации представления о предметной области каждому эксперту предлагается построить свою нечеткую когнитивную карту. Для этого используется метод анкетирования. Основными вопросами, на которые необходимо ответить эксперту, являются вопросы типа: «В какой степени выражается влияние каждой учебной дисциплины на профессиональную подготовку в целом? Существует ли влияние одной учебной дисциплины на другую, и в какой степени оно выражается?». Компоненты отношения задают степень влияния одной учебной дисциплины на другую и степень влияния учебной дисциплины на профессиональную подготовку в целом: 0 – влияние отсутствует, 0,1 – влияние практически отсутствует, 0,3 – слабое, 0,7 – существенное, 0,9 – сильное, 1 – максимально возможное.

Анализ нечетких когнитивных карт экспертов. На следующем этапе определяется опосредованное влияние между концептами нечеткой когнитивной карты, т.е. формализуется взаимовлияние между учебными дисциплинами в учебном плане. Для этого используется процедура транзитивного замыкания когнитивной матрицы.

На следующем этапе когнитивного моделирования необходимо проанализировать структуру модели, в том числе с использованием симплициального анализа (q-анализа связности), позволяющую обнаружить глубинную связь между симплексами когнитивной карты, которая не очевидна на графе.

Подход, основанный на построении нечетких когнитивных карт и методах экспертного оценивания, позволяет формализовать и проанализировать полезность. А именно, суммарная полезность учебной дисциплины может быть рассчитана после процедуры транзитивного замыкания когнитивной матрицы как сумма всех степеней влияний.

Тогда математическая модель задачи максимизации суммарной полезности учебного плана может быть сформулирована как задача о ранце в виде:

$$f(x) = \sum_{i=1}^{m} x_i \cdot u_i \to \max$$

$$D = \{x \in R^n \mid \sum_{i=1}^{m} x_i \le V;\ x \in Z_+\};\ a \le x_i \le b,$$

где V – общее количество зачетных единиц, отведенных на изучение дисциплин; u_i – полезность зачетной единицы i-ой учебной дисциплины; a – минимальное количество зачетных единиц на изучение дисциплины; b – максимальное количество зачетных единиц на изучение дисциплин; $Z_+ = \{0\} \cup N$.

Выводы. Разработанные методы позволяют значительно облегчить процесс принятия решений и достаточно эффективно поддержать процесс разработки учебного плана вуза. Применение спроектированной системы поддержки принятия решений позволит значительно сократить временные затраты при разработке учебного плана, что достигается за счет возможности удаленной работы экспертов, формализации и сбора их оценок в разные периоды времени, которые удобны для экспертов.

Литература

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 080500 – Бизнес-информатика (квалификация (степень) «магистр») [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ifmo.ru/file/spec/g113.pdf, своб.
2. Воробьева Н.А., Носков С.И. Программное обеспечение для автоматизации процесса разработки учебных планов // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 6. – С. 633–636.
3. Глущенко А.И. Информационная система принятия решений по формированию индивидуальных учебных планов. Управление большими системами // Сб. трудов. – 2006. – № 15. – С. 234–236.

Наседкин Виктор Викторович
Год рождения: 1989
Естественнонаучный факультет, кафедра интелектуальных технологий в гуманитарной сфере, группа № 6709
Направление подготовки: 230400 – Информационные системы и технологии
e-mail: nasedkinv_1989@list.ru

УДК 004.1082 + 62.21474

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ МОБИЛЬНОЙ МИКРО-ГЭС

В.В. Наседкин
(Университет ИТМО)
Научный руководитель – к.т.н., профессор П.Т. Харитонов
(ООО НПП «Электрические генераторы»)

В работе рассмотрена возможность разработки программно-аппаратного комплекса для мониторинга выработки электроэнергии мобильной микро-ГЭС, так как данная мобильная микро-ГЭС, обеспечивает повышенные характеристики добычи электроэнергии, за счет оригинальной работы стартерных магнитов [1].

Система построена по классической трехуровневой структуре систем сбора данных на рис. 1.

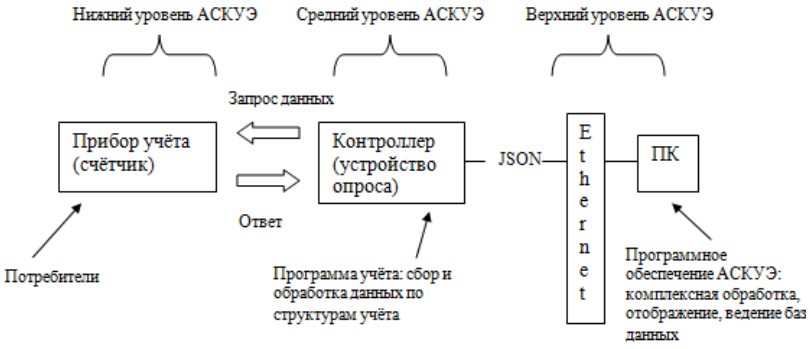


Рис. 1. Трехуровневая структура системы сбора данных: АСКУЭ – автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии; ПК – персональный компьютер

– Нижний уровень (уровень узла учета): приборы коммерческого учета, интеллектуальные коммуникационные устройства со встроенным программным обеспечением, дополнительные датчики телеметрии.
– Средний уровень: аппаратное и программное обеспечение, обеспечивающее непосредственную работу с нижним уровнем, архивированием и предоставлением информации для приложений верхнего уровня.
– Верхний уровень (уровень клиентов): приложения, которые используют данные, получаемые средним уровнем в различных формах отображения.

Основная **цель работы** заключалась в создании программно-аппаратного комплекса для мониторинга выработки электроэнергии мобильной микро-ГЭС, который обеспечит требуемый качественный учет повышенных характеристик электроэнергии мобильной микро-ГЭС по исходным данным: напряжение, ток, реактивная мощность, активная мощность.

Для обеспечения работы на удаленных объектах, комплекс должен обладать возможностью оповестить ответственного оператора, например, по мобильному телефону, о текущих и сохраненных показаниях встроенной системы АСКУЭ упрощенной модификации, специально разработанной для оптимальной работы с микро-ГЭС [3, 4].

Для работы встроенной АСКУЭ требуется аппаратно-вычислительная платформа со встроенным программным обеспечением.

Схема программно-аппаратного комплекса расположена на рис. 2.

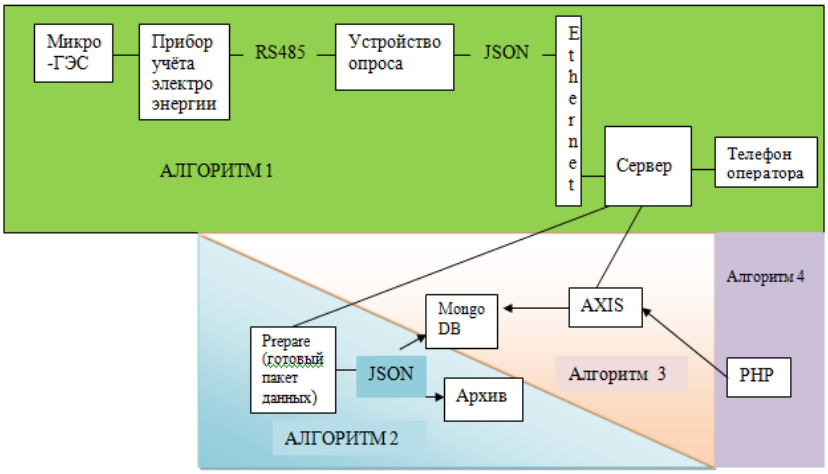


Рис. 2. Схема программно-аппаратного комплекса

На схеме расположены: четыре части алгоритмов системы. В первом алгоритме контроллер (устройство опроса), запрашивает данные измерений электроэнергии с прибора учета [4]. Прибор учета (счетчик) осуществляет работу путем измерения выработки электроэнергии мобильной микро-ГЭС по показателям: тока, напряжения, реактивной, активной мощности [5]. После обработки данных прибор учета электроэнергии отправляет ответ (данные измерений) в контроллер.

В первом алгоритме схемы программно-аппаратного комплекса разработана логическая последовательность действий: выработка электроэнергии мобильной микро-ГЭС, обработка полученных данных, запрос данных, если данные есть, то данные передаются на сервер, если данных нет, то система возвращает к запросу данных.

Во втором алгоритме схемы программно-аппаратного комплекса разработана логическая последовательность действий: пришел новый пакет данных, добавляет в пакет ID принявшего сервера, добавляет время получения пакета, добавляет местоположение мобильной микро-ГЭС, выявление неполадок, отправку данных в базу (база содержит данные в течение 3 ч) и в архив (архив содержит данные до месяца).

В третьем алгоритме схемы программно-аппаратного комплекса построена логическая последовательность действий: запрос данных в базе за последний час, агрегация, полученные данные за последний час.

В четвертом алгоритме схемы программно-аппаратного комплекса разработана логическая последовательность действий: получение ID-счетчика от AXIS, генерация визуализации данных, отправка документа на телефон оператора.

Если работа мобильной микро-ГЭС выходит за нормы поставленные системой, происходит оповещение через Интернет в виде сообщения на мобильный телефон оператору технической службы.

Оценка производительности и состояния работы мобильной микро-ГЭС осуществляется по следующим критериям:

– соответствие источника питания положениям ГОСТ Р 54149-2010 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» по измеряемым показаниям;
– соответствие измеряемых показаний техническим характеристикам мобильной микро-ГЭС.

Разработка интерфейса программы с помощью витой пары RS-485.

Страница главного меню программы будет запускаться в браузере при помощи Java-приложения, где можно вести мониторинг измерений электроэнергии мобильной микро-ГЭС.

На странице главного меню будут расположены подробные данные работы счетчика Меркурий 230 ART-01 PQRSIN и показатели измерения электроэнергии мобильной микро-ГЭС. В верхней части главного меню расположены пункты (рис. 3):

– ID-счетчика;
– время от последнего обновления;
– время обновления.

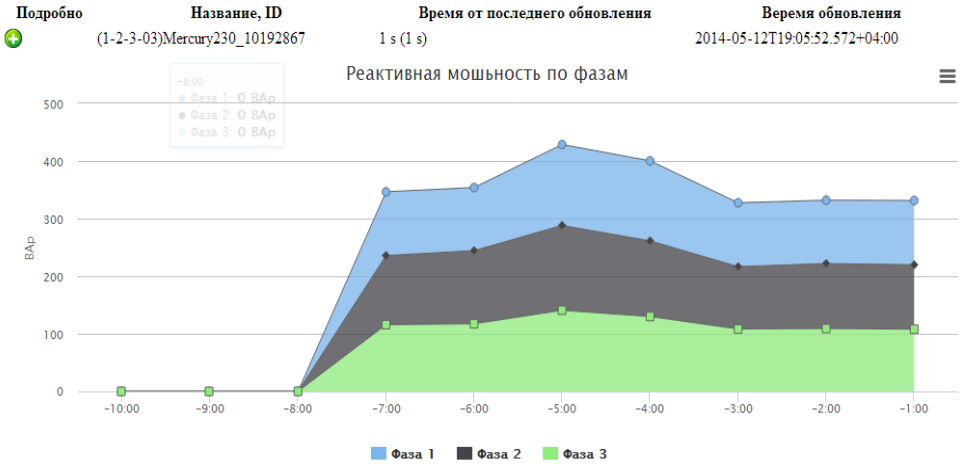


Рис. 3. Главное меню программы, график реактивной мощности

При нажатии на зеленую кнопку в виде плюса, программа будет выдавать графики учета электроэнергии мобильной микро-ГЭС.

Графики будут расположены по центру главного меню программы. На графиках будут указаны данные электроэнергии: напряжение, ток, реактивная и активная мощность.

Если работа мобильной микро-ГЭС будет выходить за нормы, поставленные программой, происходит оповещение через Интернет в виде сообщения на мобильный телефон оператору технической службы.

Если на графике напряжения, напряжение будет заходить за зеленый уровень ограничения 230 Вт, то в этот момент будет отправляться сообщение оператору технической службы.

Интерфейс оператора мобильной микро-ГЭС должен осуществлять следующие функции:

- оповещать оператора о критических показателях поставляемой электроэнергии, чтобы оператор смог своевременно предотвратить выход из строя, подключенного к ГЭС оборудования. Показатели ГЭС могут свидетельствовать о приближении аварийной ситуации или о работе в нештатных режимах;
- при подключении ПК к ГЭС на месте установки контрольного оборудования ГЭС, оператор может получить текущие данные о работе системы для проведения диагностического периодического обследования.

Литература

1. Патент на изобретение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://bd.patent.su/2362000-2362999/pat/servl/servletc293.html, своб.
2. Загорский Я.Т., Комкова Е.В. Методы уменьшения составляющих погрешности измерительных каналов АСКУЭ. Конференция молодых специалистов электроэнергетики // Сб. докладов. – 2000. – С. 236–238.
3. Плачков И.В, Гинайло В.А., Праховник А.В. Автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии для энергоснабжающей компании // Учет и контроль энергоресурсов. – 1998. – № 1. – С. 11–23.
4. Arduino [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.arduino.cc/, своб.
5. Меркурий 230 ART 01 PQRSIN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.electrodipole.ru/goods2/merkurij-230-art02-pqrsin, своб.

Пискунов Игорь Игоревич
Год рождения: 1990
Инженерно-физический факультет, кафедра компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга, группа № 6212
Направление подготовки: 223200 – Техническая физика
e-mail: pingwin91@gmail.com

УДК 53.088

ПОГРЕШНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТЕМПЕРАТУР И ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ СИСТЕМЫ ТЕЛ МЕТОДАМИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

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

Целью работы стало изучение возможности использования метода параметрической идентификации для оценки погрешности измерения, вносимой плоским измерительным преобразователем температуры (ИПТ), нестационарных температур поверхности массивных тел и восстановления нестационарных тепловых потоков для реально существующих датчиков.

Для выполнения данной цели были поставлены следующие задачи.

1. Оценить погрешность измерения температуры поверхности массивных тел, вносимую плоским ИПТ, в различных системах и при различных условиях:

- плоский ИПТ лежит на массивном теле, выполненном из изолятора или проводника (кирпич и сталь соответственно). На систему со стороны датчика падает постоянный тепловой поток q=10^4 Вт/м^2. Чувствительный элемент (ЧЭ) датчика может располагаться как со стороны контакта с телом, так и со стороны подаваемого потока. Контактное сопротивление R_K между датчиком и телом изменяется от 0 до 10^{-2} м^2 К/Вт;
- плоский ИПТ, с ЧЭ смонтированным по центру датчика, расположен на массивном кирпичном теле. Контактное сопротивление R_K между датчиком и телом отсутствует. Данная система находится в теплообмене со средой, температура которой $t_{\text{ср}}$ изменяется по гармоническому закону $t_{\text{ср}} = 100\cos\omega\tau$, где ω принимает значения 0,1; 1; 10 Гц;
- на поверхность массивного тела, выполненного из изолятора или стали падает постоянный тепловой поток q=10^4 Вт/м^2. ЧЭ датчика вмонтирован в исследуемое тело на различных глубинах от поверхности $\delta = 1{,}1;\ 2{,}8;\ 4{,}9$ мм.

2. Сравнить полученные результаты оценки погрешности температуры поверхности исследуемых тел с результатами аналитического решения Н.А. Ярышева [3].
3. Восстановить нестационарный тепловой поток методом параметрической идентификации для существующего датчика конструкции Центрального аэрогидродинамического института им. профессора Н.Е. Жуковского (ЦАГИ) по предоставленным экспериментальным данным о температуре. Сравнить полученные результаты с результатами восстановления нестационарного теплового потока самим ЦАГИ.

В данной работе проводилось сравнение результатов, получаемых численно-алгоритмическим и аналитическими методами. Для решения прямой задачи теплопроводности (ПЗТ) и оценки температуры поверхности массивного тела сравнивался метод параметрической идентификации с аналитическом методом Н.А. Ярышева, основанного на преобразовании Лапласа [3]. Для решения обратной задачи теплопроводности (ОЗТ) и оценки нестационарного теплового потока проводилось сравнение метода параметрической идентификации с аналитическим методом с использованием экспериментальных данным, разработанным ЦАГИ. Аналитические методы имеют ряд недостатков, важнейшие из которых – невозможность рассмотрения сложных моделей с контактными сопротивлениями, источниками и стоками тепла и т.д., сложность или невозможность полной автоматизации процесса из-за сложности решений и преобразований. Метод параметрической идентификации решен подобных недостатков, а полная автоматизация процесса уже проведена для основных моделей на базе кафедры КТФиЭМ Университета ИТМО.

Все расчеты в работе проводились согласно [2] с использованием дифференциально-разностных моделей (ДРМ). Для этого все тела рассматриваемой системы делятся на определенное количество блоков (рис. 1), для каждого блока составляется уравнение теплового баланса:

$$q(\tau)S = c\rho S\frac{\Delta}{2}\dot{t}_1 + \frac{\lambda S}{\Delta}(t_1 + t_2),$$

$$\frac{\lambda S}{\Delta}(t_1 + t_2) = c\rho S\Delta\dot{t}_2 + \frac{2\lambda S}{\Delta 2^{0,2}}(t_2 + t_3),$$

……

$$\frac{2\lambda S}{(1+2^{0,2})\Delta(2^{0,2})^{n-3}}(t_{n-1} + t_n) = c\rho S\Delta\dot{t}_n + \frac{2\lambda S}{(1+2^{0,2})\Delta(2^{0,2})^{n-2}}(t_n + t_{n+1}),$$

……

$$\frac{2\lambda S}{(1+2^{0,2})\Delta(2^{0,2})^{20}}(t_{22} + t_{23}) = c\rho S\Delta\dot{t}_{23}, \qquad (1)$$

где q – удельный тепловой поток, воздействующий на полупространство; S – площадь сечения датчика; λ – теплопроводность материала полупространства; c – удельная теплоемкость материала полупространства; ρ – плотность материала полупространства.

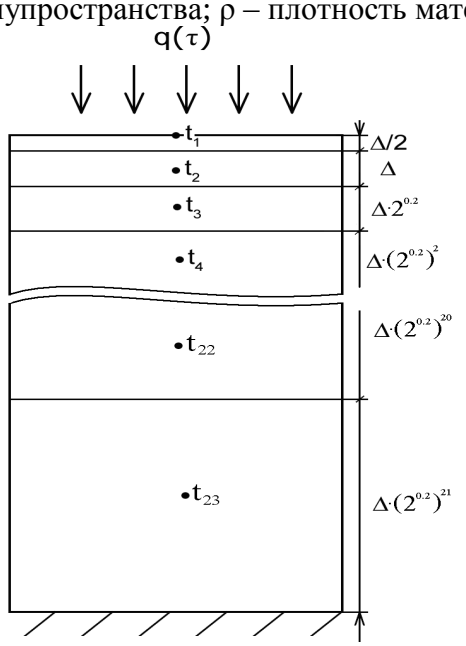


Рис. 1. Тепловая модель полуограниченное тело

Далее каждое уравнение преобразовывается таким образом, что с одной стороны оказываются $\dot{t}_1, \dot{t}_2, \ldots, \dot{t}_{23}$, а с другой – все остальное. Полученная система уравнений в матричной форме имеет вид:

$$\dot{\vec{T}} = F\vec{T} + G\vec{U}, \qquad (2)$$

где $\vec{T} = \left|t_1 \quad t_2 \quad \cdots \quad t_{23}\right|^{\mathrm{T}}$ – (23×1)-вектор состояния; $\vec{U} = q(\tau)$ – (1×1)-вектор управления (входных воздействий); $G = \left|2/\Delta c\rho \quad 0 \quad \cdots \quad 0\right|^{T}$ – (23×1)-матрица управления. Матрица обратных связей F размерности (23×23) имеет обычную трехдиагональную форму.

Все расчеты выполнялись в программном обеспечении (ПО) Heat Identification, полностью разработанном на кафедре КТФиЭМ Университета ИТМО. Алгоритм решения ПЗТ на основе ДРМ с использованием ПО Heat Identification представлен на рис. 2.

Из сравнения полученных в работе результатов оценки погрешности температуры поверхности массивных тел численно-алгоритмическим методом с результатами, полученными аналитическим методом Н.А. Ярышевым [3], было замечено, что в абсолютном большинстве всех рассматриваемых случаев оба метода дали либо практически идентичные результаты, либо близкие результаты, которые позволяют использовать как аналитический, так и численно-алгоритмический методы. Единственное серьезное расхождение было получено при решении формулы (2) с моделью среда-система, где температуры среды изменяется по гармоническому закону. Для решения этой задачи были рассмотрены три случая частоты изменения температуры среды ω = 0,1 Гц, 1 Гц, 10 Гц. Все результаты решения представлены в табл. 1.

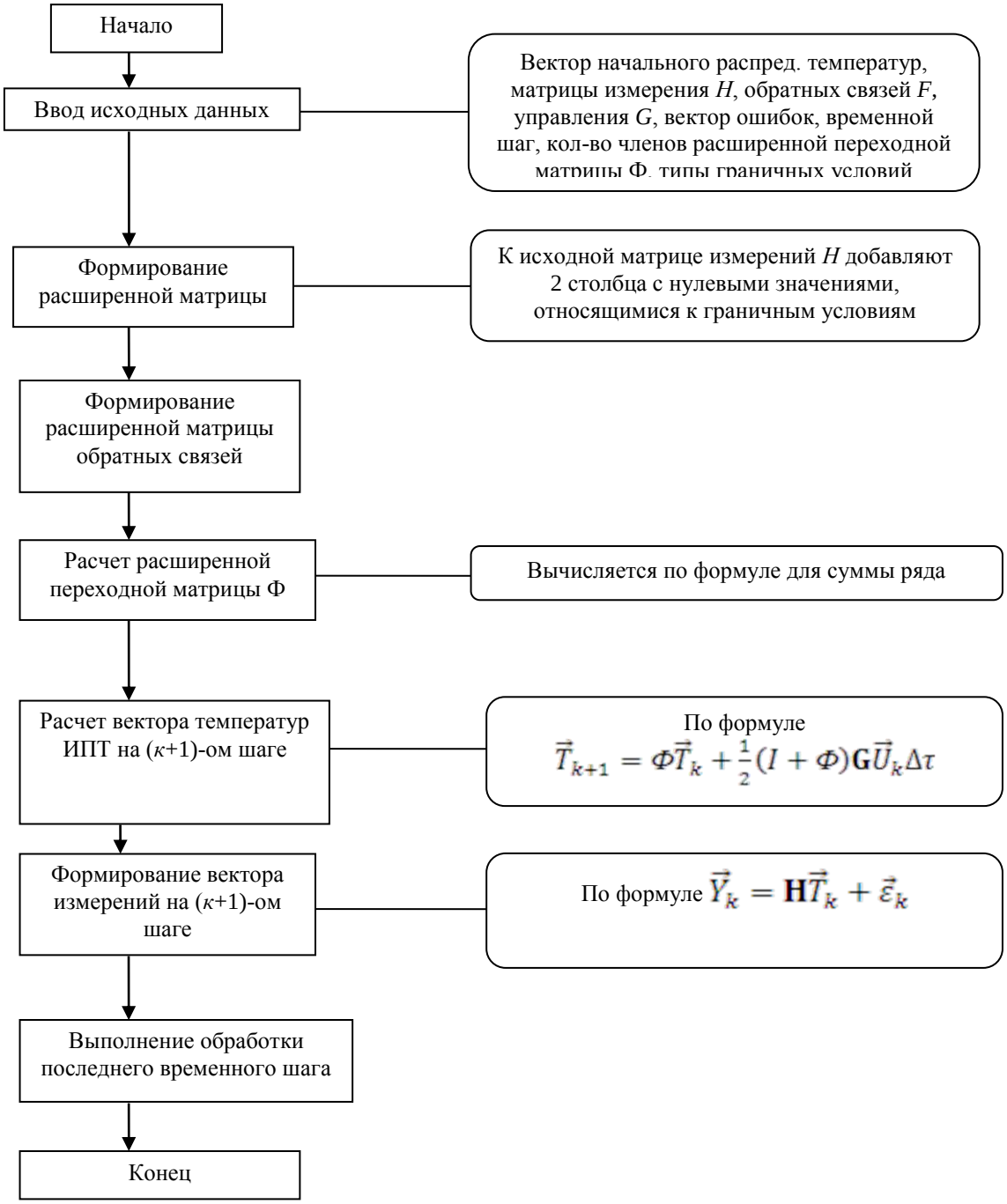


Рис. 2. Алгоритм работы программы Heat Identification

Таблица 1. Погрешность измерения температуры поверхности массивного тела из стали при теплообмене со средой, температура которой изменяется по гармоническому закону

	Аналитический метод			Численный метод		
T, с	$a_{t_э}$, °C	a_{t_0}, °C	$a_{t_э} / a_{t_0}$	$a_{t_э}$, °C	a_{t_0}, °C	$a_{t_э} / a_{t_0}$
10	13,6	13,5	1,01	12,3	12,2	1,01
1	4,7	4,4	1,06	4,2	4,0	1,05
0,1	1,9	1,4	1,36	1,3	1,1	1,18

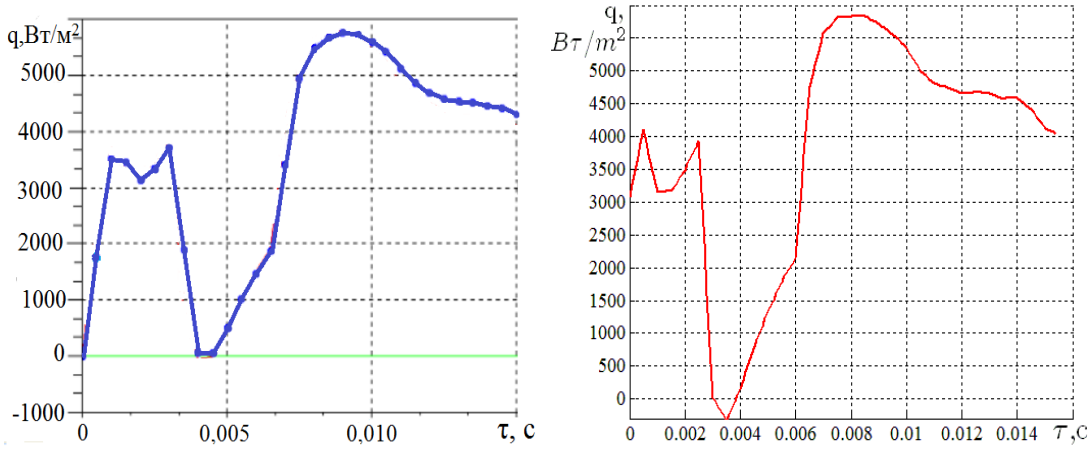
где a_{t_0} – амплитуда колебаний поверхности тела без ИПТ; $a_{t_э}$ – амплитуда колебаний поверхности тела, измеренная с помощью ИПТ.

Как видно из полученных результатов, на частотах до 1 Гц включительно результаты обоих методов дают идентичные результаты. Однако на частоте изменения температуры среды в 10 Гц, расхождение между аналитическим и численно-алгоритмическим методами достигает двукратной величины. Понять причину такого расхождения результатов на данный момент не удалось, работы в этом направлении продолжаются.

Во второй части работы проводилось восстановление нестационарных тепловых потоков по экспериментальным данным температуры для реально существующего датчика конструкции ЦАГИ. От ЦАГИ были получены как экспериментальные данные, так и все теплофизические свойства всех участвующих в системе элементов.

Датчик ЦАГИ представляет собой спай хромель-копелевой термопары, расположенной на поверхности массивного тела, выполненного из стеклотекстолита АГ-4, и раскатанный до толщины 30 мкм. На данную систему со стороны термопары подавался переменный во времени тепловой поток, который и требовалось определить.

Для восстановления теплового потока использовалось то же ПО Heat Identification. Результаты восстановления в графической форме представлены на рис. 3.



а б

Рис. 3. Результат восстановления потока методом: ЦАГИ (а), Университета ИТМО (б)

Результаты, полученные методом параметрической идентификации, очень близки с результатами восстановления ЦАГИ. Максимальное расхождение результатов имеет место на первой трети кривой, однако на протяжении всей кривой разность полученный результатов не превышает 10%, что является приемлемым. Полученные результаты говорят о возможности использования параметрической идентификации для датчиков конструкции ЦАГИ, но исследования в этом направлении должны быть продолжены.

Литература

1. Дульнев Г.Н., Тихонов С.В. Теория тепло- и массообмена. Точные методы решения задач теплопроводности и диффузии. – Л.: ЛИТМО, 1981. – 80 с.
2. Пилипенко Н.В. Нестационарная теплометрия на основе параметрической идентификации дифференциально-разностных моделей теплопереноса в одномерных приемниках. Диссертация на соискание докторской степени. – СПб, 2008.
3. Ярышев Н.А. Теоретические основы измерения нестационарной температуры. – 2-е изд., перераб. – Л.: Энергоатомиздат. Лен. отд-е, 1990. – 256 с.

Поляков Артем Андреевич
Год рождения: 1990
Факультет точной механики и технологий,
кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии, группа № 6664
Направление подготовки: 160400 – Ракетные комплексы и космонавтика
e-mail: polarti@list.ru

УДК 534.6.08

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ МИКРОДЕФЕКТОВ В СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ, ПОЛУЧЕННЫХ СВАРКОЙ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

А.А. Поляков
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.В. Федоров

В 2011 году были начаты работы по разработке и внедрению технологии сварки трением с перемешиванием (СТП) при изготовлении сварных швов топливных баков изделия «Ангара». Работы по внедрению технологии СТП продолжаются и в настоящее время, в том числе применительно к крупногабаритным полноразмерным конструкциям элементов ракета-носителей (РН), разгонных блоков (РБ) и космических аппаратов (КА).

Важно отметить, что к элементам средств выведения (РН и РБ) предъявляются очень жесткие требования по надежности. Однако остается нерешенным вопрос контроля качества кольцевых сварных соединений, а именно обнаружения дефектов типа «непровар» в корне сварного шва с раскрытием от 2 мкм и высотой от 50 мкм и выше, наличие которых, как показывает практика, существенным образом сказывается на надежности сварного соединения и изделия в целом.

Наряду с внедрением технологии СТП активно разрабатываются и внедряются новые технологии неразрушающего контроля (НК) качества изделий ракетно-космической техники (РКТ), основанные на применении все более совершенных и точных методов и средств обнаружения, локализации и оценки размеров дефектов. Более эффективные результаты контроля достигаются только при технически правильном выборе и применении методов дефектоскопии, выбор, непосредственно, метода определяется требованиями конкретной решаемой задачи и зависит от конструкции (формы и размеров), материала и состояния поверхности изделий, характеристик дефектов (их вида, размеров и мест расположения), условий контроля, показателей технико-экономической актуальности проводимых работ.

Анализ технологии СТП кольцевых швов топливных баков из материала АМг6 указывает на наличие научно-технических недоработок в направлении обеспечения их качества, что является сдерживающим фактором ее более широкого внедрения на практике при производстве изделий РКТ. Одним из современных и перспективных методов НК сварных соединений является лазерно-ультразвуковая дефектоскопия. Учитывая вышеизложенное, представляется целесообразным проведение исследований и последующая разработка методики дефектоскопии кольцевых сварных швов топливных баков, полученных сваркой трением с перемешиванием.

Таким образом, возникает проблемная ситуация в связи с необходимостью обеспечить контроль качества изготовления сварных швов топливных баков изделия «Ангара», выполненных СТП, а именно, идентифицировать и локализовать дефект типа «непровар» в корне сварного шва с раскрытием от 2 мкм и глубиной от 50 мкм и выше.

Однако методики решения подобной задачи на основе использования современных методов дефектоскопии практически не проработаны.

Целью работы являлось повышение достоверности контроля сварных соединений, полученных сваркой трением с перемешиванием. Достижение указанной цели позволит решить сформулированную выше научно-техническую задачу.

В качестве объекта исследования выступает дефект типа «непровар» в корне сварного шва, полученного СТП, а в качестве предмета исследования – метод лазерно-ультразвуковой дефектоскопии.

Если абсолютное большинство видов дефектов легко выявляемы с помощью традиционных методов НК, например, визуального или ультразвукового, то достоверное обнаружение и оценка дефекта типа «непровар» в корне шва – нерешенная проблема. Внешний вид дефекта представлен на рис. 1.

Рис. 1. Дефект типа «непровар» в корне шва

Анализ основных методов неразрушающего контроля выявил все достоинства и недостатки существующих методов, а также отметил группу акустических методов как наиболее подходящую для решения поставленных задач. Предложено использовать лазерно-ультразвуковой метод, который имеет ряд преимуществ перед традиционным ультразвуком.

Основное отличие предлагаемого контактного метода лазерно-ультразвукового контроля (ЛУЗК) от классического ультразвукового контроля (УЗК) состоит в использовании лазерных источников генерации ультразвуковых импульсов с хорошо контролируемой формой и широким спектральным диапазоном (отношение частот верхней и нижней границ диапазона может достигать 100), что позволяет увеличить пространственное разрешение и уменьшить глубину «мертвой зоны» контроля в 3–10 раз на тех же глубинах зондирования. На рис. 2 приведены формы импульсов продольных ультразвуковых волн лазерно-ультразвукового дефектоскопа УДЛ-2М (красная линия) и пьезоэлектрического дефектоскопа EPOCH III (синяя линия) при одинаковых центральных частотах спектра сигнала.

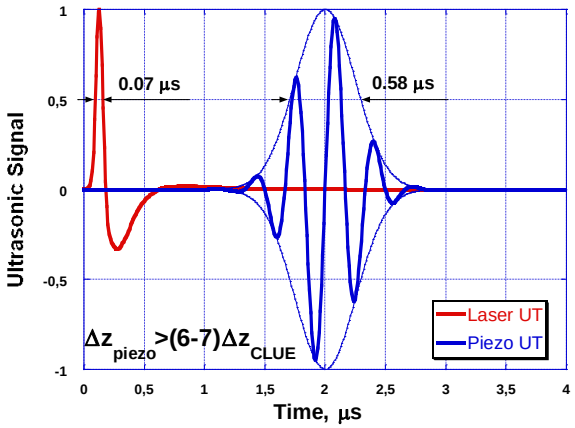


Рис. 2. Форма ультразвукового импульса

Как видно, импульс лазерно-ультразвукового дефектоскопа в 7 раз короче и не имеет осцилляций, что позволяет достичь более высокой чувствительности, разрешающей способности контроля, уменьшить «мертвую зону».

Для контроля корня шва целесообразно применять ультразвуковые преобразователи с наклонным вводом пучка. Причем наличие неоднородностей как на лицевой, так и на обратной стороне шва делает малоэффективным УЗК совмещенными преобразователями. Более перспективным представляется использование раздельных преобразователей. Один из вариантов реализации просвечивания шва раздельно-совмещенным преобразователем приведен на рис. 3. Слева изображен приемник, слева – излучатель.

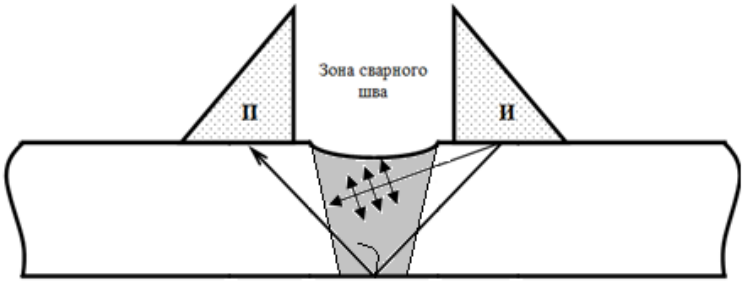


Рис. 3. Схема ЛУЗК сварного шва при наклонном вводе пучка

На рис. 4 показана временная форма ультразвукового импульса, прошедшего через экспериментальный образец, выполненный СТП, толщиной 3,2 мм.

Первый, прошедший через образец сигнал, соответствует времени прихода головной продольной подповерхностной волны. Второй, прошедший через образец сигнал, соответствует времени прихода отраженной от противоположной поверхности продольной волны. Временные задержки второго и третьего сигналов, очевидно, обусловлены различными скоростями ультразвука $C_{\Gamma} \approx 1,04 C_p$ и расстоянием пробега подповерхностной и отраженной продольной волны.

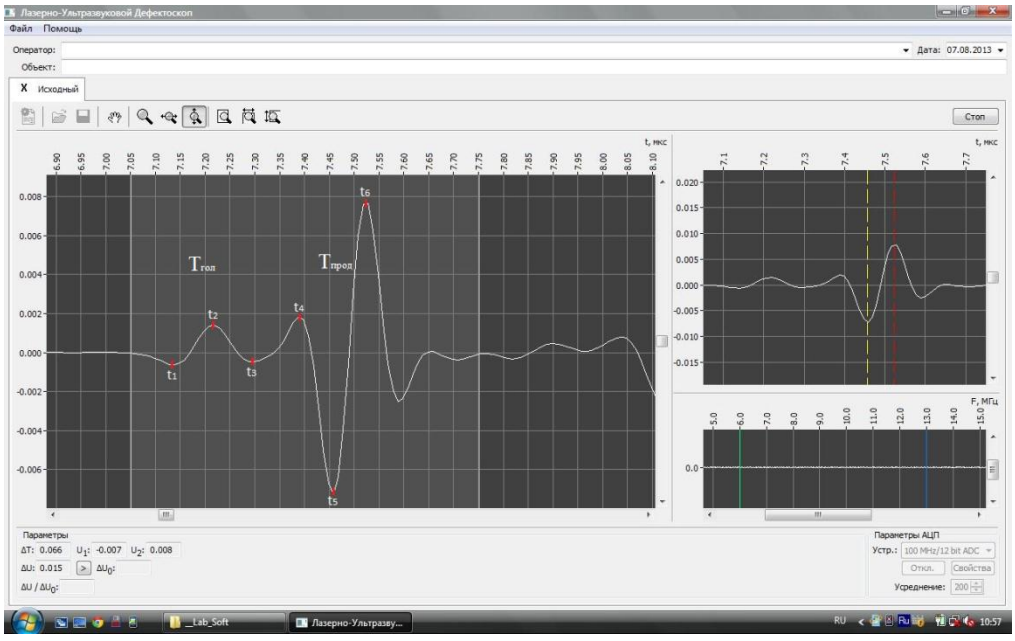


Рис. 4. Временная форма ультразвукового импульса: $T_{прод}$ – продолжительность сигнала отраженной продольной волны; $T_{гол}$ – продолжительность сигнала головной волны

Для того чтобы выбрать нужный информативный сигнал при контроле, изначально исследования проводились на образце из сплава АМг6 толщиной 3,2 мм, имеющего три пропила глубинами 0,75; 1,8; 2,8 мм и шириной 1 мм. На рис. 5 приведены результаты измерений.

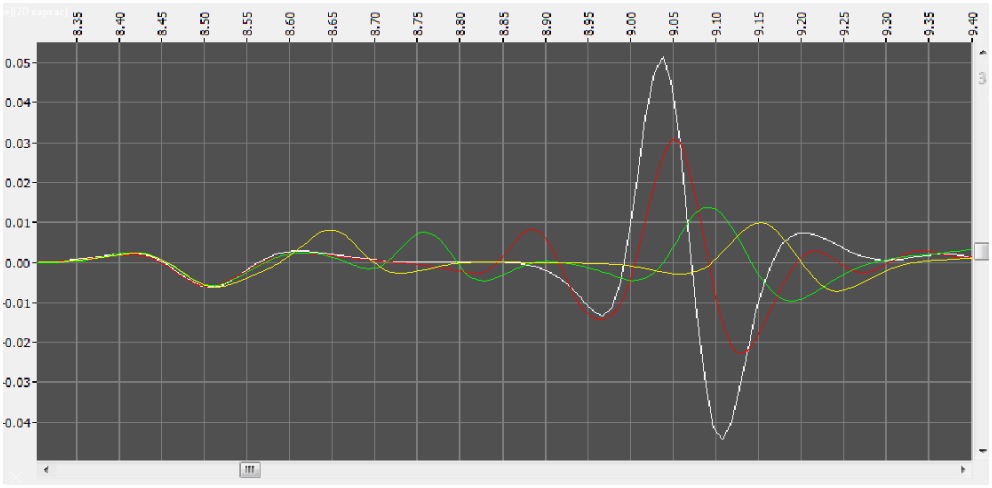


Рис. 5. Сигналы, полученные в ходе измерений (белым цветом обозначен бездефектный сигнал, красным – от пропила 0,75 мм, зеленым – от пропила 1,8 мм, желтым – от пропила 2,8 мм)

Из него видно, что на приемник приходит два сигнала: самый первый от головной подповерхностной волны, второй от продольной волны, отраженной от дна образца. При наличии пропила сигнал от продольной волны разделяется на два. Смещение второго сигнала вправо при наличии пропила обуславливается большим расстоянием пробега тех волн, которые пришли на пьезопленку, в сравнении с рассеявшимися волнами на пропиле. При уменьшении площадки пропила, т.е. ширины пропила, раздвоения сигнала наблюдаться не будет, сигнал будет один. Обычно, в УЗ информативными параметрами являются амплитуда и время прихода сигнала, предложено использовать еще два параметра: продолжительность и удельную энергию сигнала.

По результатам серий экспериментов была получена количественная информация о дефектности образцов. Проведен анализ повторяемости и металлографический анализ, по результатам которого была построена экспериментальная зависимость относительной высоты дефекта $\overline{h}_i = h_i / h$ (где h_i – высота дефекта; h – толщина сварного соединения) в корне сварного шва от относительной амплитуды сквозного сигнала δU_i, представлена на рис. 6.

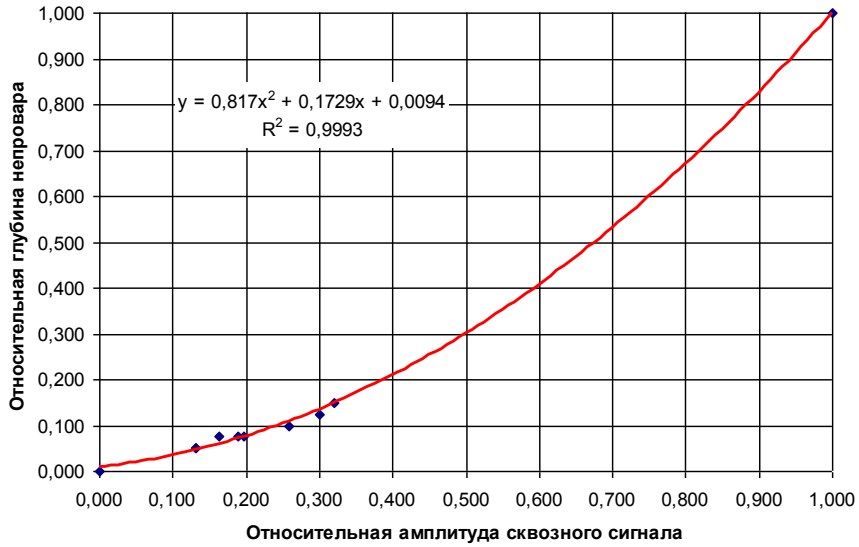


Рис. 6. График экспериментальной зависимости относительной глубины дефекта от относительной амплитуды сигнала

Относительная погрешность амплитуды сигнала в сварном шве при 100 измерениях составила 1,2%, амплитуды сигнала в основном металле – 6%. Средняя относительная погрешность оценки глубины дефекта по результатам металлографии составила 15%.

Построение многопараметрической математической модели оценки размеров дефектов с информативным параметром – энергией прошедших оптоакустических сигналов, было обусловлено тем, что использование амплитуды сигнала как информативного параметра является физически необоснованным, тогда как энергия пришедшего сигнала на пьезоприемник есть не что иное, как разность введенной и рассеянной на дефектах энергии. Современное цифровое оборудование позволяет вычислить энергию сигнала.

Относительная погрешность энергии сигнала в сварном шве при 100 измерениях составила 5%. Средняя относительная погрешность оценки глубины дефекта по результатам металлографии составила 10%. Таким образом, результаты экспериментальных исследований показали преимущество использования энергии сигнала как информативного параметра. График экспериментальной зависимости представлен на рис. 7.

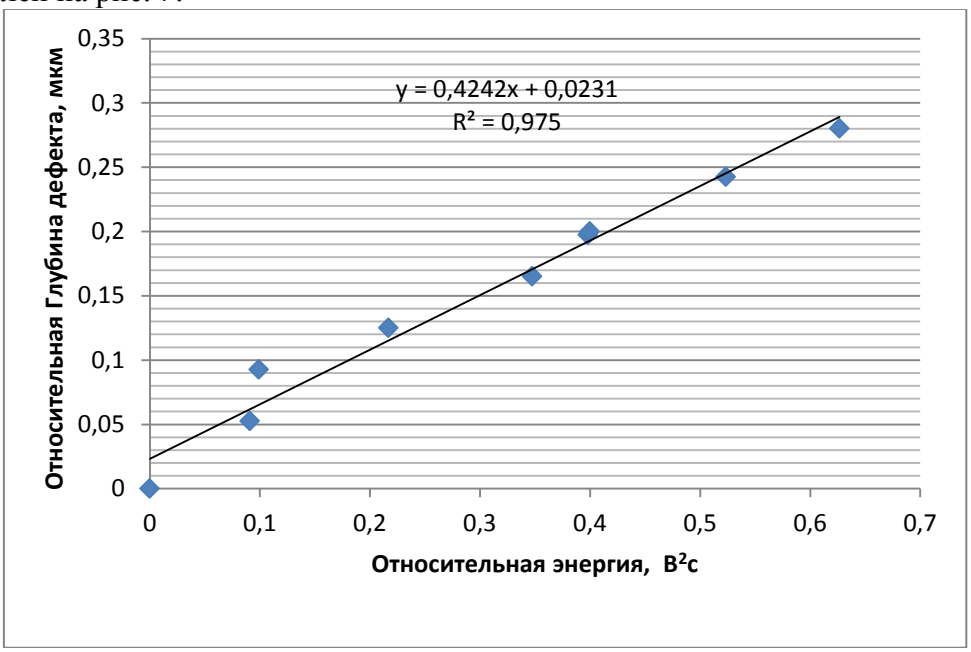


Рис. 7. График экспериментальной зависимости относительной глубины дефекта от относительной энергии сигнала отраженной продольной волны

Научная новизна работы состоит в получении экспериментальной зависимости глубины непровара в корне сварного соединения, полученного СТП, от информативных параметров лазерно-ультразвукового сигнала, а также в переходе от дефектоскопии к дефектометрии, т.е. к определению размеров дефекта.

В ходе выполнения работы результаты экспериментальных исследований были доведены до уровня методики, применение которой позволяет обнаруживать дефекты типа «непровар» в корне сварного шва, полученного СТП, с раскрытием от 2 мкм и высотой от 50 мкм и выше.

Представленные в работе анализ технологии СТП, методов и средств НК качества сварных соединений, обоснование применимости лазерно-ультразвукового метода, а также результаты экспериментальных исследований и методика ЛУЗК сварного соединения, полученного СТП, позволяют сделать общий вывод о том, что цель работы достигнута.

Прокушева Диана Игоревна
Год рождения: 1991
Естественнонаучный факультет, кафедра интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере, группа № 6709
Направление подготовки: 230400 – Информационные системы и технологии
e-mail: prokushevadiana@gmail.com

УДК 004.51

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕРФЕЙСА ИНТЕРАКТИВНОЙ КАРТЫ УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

Д.И. Прокушева
Научный руководитель – к.п.н., доцент Д.В. Кайсарова

В наше время разработчики и проектировщики настолько увлечены новыми технологиями, инструментами, платформами и решениями, что иногда забывают о том, для кого именно создаются системы и приложения. Таким образом, разработчики редко принимают во внимание цели, мотивы и потребности самих пользователей. В результате на выходе получаются цифровые продукты, которые навязывают компьютерный стиль мышления, ведут себя неподобающим образом и заставляют выполнять рутинную работу. Планирование сложных вступающих в прямое взаимодействие с человеком цифровых продуктов требует значительных предварительных усилий со стороны профессиональных проектировщиков. Проектирование поведения продуктов и систем должно быть направлено на реализацию целей и мотивов пользователей.

Пришло время изменить привычный процесс разработки программного обеспечения и принимать решения о возможностях продукта, его форме и поведении до начала дорогостоящей и сложной фазы создания продукта [1]. После проведенного анализа подходов к проектированию взаимодействия был выбран целеориентированный подход.

Стоит отметить, что рассматриваемый подход подразумевает концентрацию основных усилий по разработке и проектированию интерфейса на удовлетворении пользователей среднего уровня подготовки, поскольку указанная группа является наиболее распространенной и, вместе с тем, труднее всего поддающейся анализу. Данное исследование является частью проекта по разработке и внедрению интерактивной карты среднего профессионального учебного заведения в связи с потребностью пользователей в информационной поддержке.

Цель исследования – выявить особенности проектирования интерфейса интерактивных карт для сенсорных экранов с учетом специфики учебного заведения.

Новизна данной работы заключалась в использовании целеориентированного подхода для проектирования интерфейса интерактивной карты учебного заведения с применением циклического юзабилити тестирования макетов разрабатываемого продукта с помощью потенциальных пользователей.

Результаты обзора аналогов были использованы для проведения качественных и количественных исследований аналогичных продуктов интерактивной карты учебного заведения [2]. Полученные результаты в ходе исследований можно выразить с помощью единого юзабилити показателя (SUM) [3], который показал, что по совокупности юзабилити метрик самыми лучшими результатами обладает

интерактивная карта Dubai Mall. Именно данное приложение стало прототипом разрабатываемого продукта.

В качестве исследования предметной области было проведено интервью с представителем заказчика (И.О. Загашевым – директором педагогического колледжа № 1 им. Н.А. Некрасова) и контекстное интервью потенциальных пользователей.

На основе полученных данных в ходе исследования предметной области, анализа аналогов и выявленных целей использования разрабатываемого продукта, к нему были сформированы следующие требования:

1. наличие версий для различных платформ;
2. использование плана здания из кадастрового реестра города;
3. цветовая группировка объектов на карте с пояснением принципов разделения;
4. большой размер рабочей области;
5. интеграция функционала телефона в версии для мобильных платформ;
6. поиск по ключевым словам, наличие поисковых подсказок;
7. прокладка маршрутов между выбранными объектами;
8. наличие нескольких режимов отображения карты;
9. возможность отображения состояния кабинетов для отслеживания необходимости ремонтных работ;
10. поиск свободных кабинетов и кабинетов с требуемой аппаратурой;
11. поиск информации о получении различных документов;
12. поиск материалов для учебной и профессиональной деятельности студентов и сотрудников.

Выделенные требования были учтены при составлении контекстных сценариев персонажей, которые, в свою очередь, послужили основой для построения прототипов интерфейсов разрабатываемого продукта. На основе выявленной специфики учебного заведения и проведенного исследования предметной области были выделены следующие особенности проектирования интерфейса интерактивной карты учебного заведения:

1. разработка персонажей и сценариев в рамках целеориентированного подхода;
2. учет специфики учебного заведения;
3. отдельные наборы функциональных элементов интерфейса для каждого типа пользователей;
4. учет различных ментальных моделей пользователей;
5. панорамирование и масштабирование интерактивной карты.

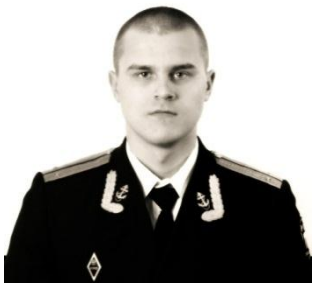
Данные особенности и специфика основаны на целях разработанных персонажей, составленных сценариях и сформулированных требованиях к функционалу разрабатываемого продукта, с учетом общих эргономических требований. Таким образом, цель исследования была достигнута.

Юзабилити тестирования разработанного интерактивного прототипа интерфейса системы показало его превосходство над существующими аналогами по большинству критериев. Главным результатом тестирования стало доказательство правильного выбора организации приложения и взаимодействия с его функционалом. Разработанный макет интерфейса продемонстрировал целесообразность продолжения разработки предлагаемой системы, так как является понятнее, удобнее и легче в обращении для конечных пользователей. Это подтверждает практическую значимость данной работы.

Итогом работы стал детально проработанный интерактивный прототип интерфейса интерактивной карты, учитывающий выявленные специфики учебного заведения, и конечная логика работы приложения. Полученный результат полностью готов к передаче на следующий уровень разработки приложения.

Литература

1. Купер А., Рейман Р., Кронин Д. Основы проектирования взаимодействия / Пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2010. – 688 с.
2. Кайсарова Д.В., Прокушева Д.И., Чунаев А.В. Исследование возможности применения целеориентированного подхода при анализе аналогов интерактивной карты учебного заведения // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2014. – 104 с.
3. Sauro J. and Lewis J.R. Quantifying the User Experience Practical Statistics for User Research. – Published by Elsevier Inc., Waltham, MA 02451, USA, 2012. – 321 p.



Пуллынен Андрей Альбертович
Год рождения: 1991
Факультет точной механики и технологий,
кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии, группа № 6663
Направление подготовки: 200100 – Приборостроение
e-mail: andrey.pullynen@gmail.com

УДК 004.588

РАЗРАБОТКА СИМУЛЯТОРА ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

А.А. Пуллынен
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.О. Казначеева

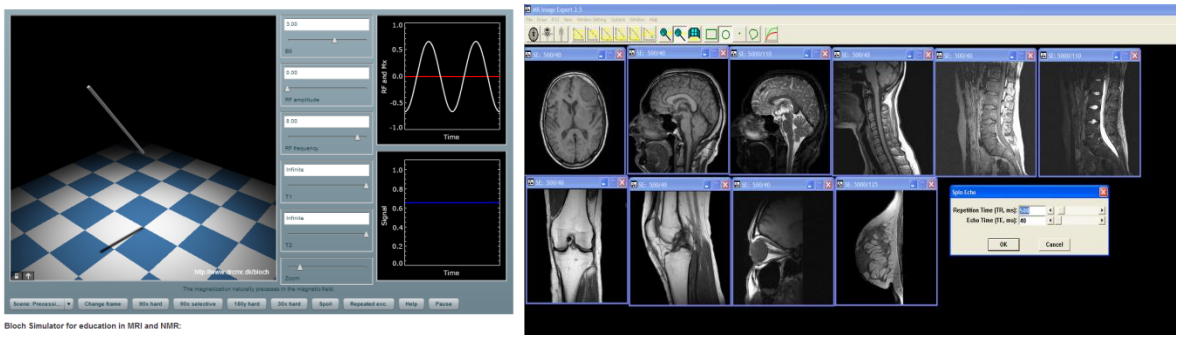
Получение практических навыков работы на современном оборудовании является важным этапом обучения любого специалиста. Одним из направлений подготовки является обучение операторов высокотехнологичных медицинских диагностических комплексов, к которым относятся магнитно-резонансные томографы (МРТ). С течением времени совершенствуются не только аппаратные характеристики сканеров, но и программное обеспечение, методики исследований, алгоритмы постобработки, но не снижается необходимость понимания принципов МРТ и влияния параметров сканирования на характеристики получаемых данных.

С популяризацией МРТ во всем мире растет необходимость подготовки высококвалифицированных специалистов, имеющих как теоретические, так и практические навыки. Получение практических знаний требует непосредственного контакта с дорогостоящим и ограниченным в доступе оборудованием, а совмещение процессов обучения и выполнения клинических исследований увеличивает загруженность уже работающего оператора и может снизить их качество и увеличить продолжительность исследования. В таком случае целесообразно использование симуляторов, представляющих собой автоматизированный аппаратно-программный комплекс для обучения человека и отработки определенных навыков и умений.

Актуальной задачей является создание симулятора консоли МР-томографа имитирующего основные этапы сканирования (подбор правильных параметров сканирования, вывод изображения и параметров накопления данных) и позволяющего отработать навыки создания новых протоколов, обучения операторов и снизить

вероятность возникновения ошибок. **Целью работы** являлась разработка симулятора консоли МР-томографа для обучения операторов.

Анализ симуляторов в области лучевой диагностики показал, что они имитируют лишь отдельные этапы исследования, имеют узкую область применения и не имеют сходства с консолью реального МР-сканера. Одним из самых известных является симулятор Блоха (рис. 1, а), моделирующий поведение протона в магнитном поле и позволяющий наглядно ознакомиться с явлением магнитного резонанса и отображающий на 3D-изображении прецессирующий вектор суммарной намагниченности. Симулятор позволяет изменять индукцию магнитного поля, амплитуду и частоту импульсов, время T1 и T2 релаксации, демонстрируя их влияние на направление, скорость и траекторию вращения. Симулятор «MR Image Expert» позволяет моделировать МР-томограммы различных анатомических областей для заданных пользователем параметров (рис. 1, б). Возможность изменения времени появления эхо-сигнала (TE), времени повторения импульсов (TR) и выбора одной из основных импульсных последовательностей (спин-эхо, быстрое спин-эхо, градиентное-эхо, инверсия-восстановление) обеспечивает различный контраст тканей (взвешенность). Программа позволяет получить практические навыки оценки влияния протокола на характеристики тканей на изображениях, однако формирование протокола сканирования в ней не предусмотрено.



а б

Рис. 1. Симуляторы: симулятор Блоха (а); MR Image Expert (б)

Симулятор «MRI Knee Atlas» позволяет установить соответствие между анатомическим атласом коленного сустава и тканями на МР-изображении (рис. 2, а). В симуляторе представлены изображения различных срезов коленного сустава. С помощью панели управления можно выбрать интересующую ткань, после чего на изображении она подсветится зеленым цветом. Фирмой «Siemens» создан симулятор технологии Tim для получения навыка правильного выбора радиочастотных (РЧ)-катушек и наглядного ознакомления с результатом исследования (рис. 2, б). Данный симулятор является виртуальной версией РЧ-подсистемы Magnetom Trio и позволяет пользователю участвовать как в выборе РЧ-катушки, так и выборе положения самого пациента. При выборе правильной РЧ-катушки и соответствующего ему положения пациента на экран выводиться томограмма. База данных «BrainWeb» содержит модельные МР-томограммы головного мозга с различной зашумленностью и взвешенностью, для получения которых пользователю необходимо выбрать взвешенность, толщину среза, уровень шума и РЧ-неоднородности. В результате симулятор выводит изображения в трех плоскостях с возможностью их сохранения. В базе ресурса имеются изображения головного мозга, как здоровых пациентов, так и изображения с патологией.

а б

Рис. 2. Симуляторы: MRI Knee Atlas (а); Siemens Tim (б)

Следующим этапом работы был анализ МР-консолей различных производителей. МР-томограф является сложной системой, аппаратные характеристики которой определяют качество исследования. Не менее важным фактором являются параметры сканирования, задаваемые оператором на консоли управления. Лидерами в производстве МР-томографов являются Siemens, General Electric, Toshiba, Philips и Hitachi, однако графический интерфейс программного обеспечения консолей различных МРТ отличается. Это связано, как с выбором операционной системы, так и со взглядами на процесс исследования компании-производителя. Несмотря на существенные визуальные отличия, основные структурные блоки консолей остаются неизменными:

– блок управления исследованием;
– блок настройки и создания протоколов сканирования;
– блок хранения и обработки изображений;
– блок сетевых настроек;
– блок сервисных функций.

Блок управления исследованием является наиболее часто используемым и обычно является основным рабочим окном, загружаемым по умолчанию. Здесь обычно объединены функции редактирования информации о пациентах, выбора импульсных последовательностей, контроля параметров сканирования, контроля хода исследования и вывода на экран результатов исследования. Полученные серии изображений отражаются окном для первичного ознакомления.

Блок настройки и создания протоколов сканирования служит конструктором планируемого исследования. Разработка протоколов является ответственным и сложным процессом, определяемым в том числе видом и областью исследования. Необходимость компенсации физических эффектов повышает трудоемкость процесса и требует высокой квалификации специально обученных инженеров.

Блок хранения и обработки изображений обычно представляет список или таблицу из серий исследований. Он содержит средства дополнительной обработки изображений с помощью специализированных программных пакетов, включающих: трехмерную реконструкцию данных, сглаживающие и повышающие резкость фильтры, применение математических операций к изображениям, создание проекций с максимальной интенсивностью, интерактивную визуализацию сосудов, компоновщик пленки.

Блок сетевых настроек содержит все сетевые функции от настройки IP и шлюзов до настройки места отправления полученных снимков, обычно объединен с другими функциями, например, удаленной диагностики. Блок сервисных функций включает набор средств, используемых для технического обслуживания системы. Обычно этот подраздел используется для настроек и диагностики аппаратного обеспечения и

включает: средства конфигурации катушек, инструменты для оценки соотношения сигнал шум, калибровку РЧ-усилителя, инструмент выявления источников помех, наборы тестов для периодического обслуживания и другие.

Для анализа параметров сканирования использовались томографы: GE Signa Profile 0,2 Тл, GE Signa HDxt 3 Тл и Toshiba Vantage Atlas 1,5 Тл, а также основные импульсные последовательности SE, FSE, GRE, IR. Каждая из этих последовательностей используется для исследований определенного типа, имеет отличающиеся параметры сканирования и обеспечивает разную контрастность тканей.

Таблица. Диапазоны параметров сканирования и их влияние на характеристики накопления

Наименование параметра	Минимальное значение	Максимальное значение	Шаг	Продолжительность	Число срезов в накоплении	SAR
Время TE, мс	20	140	10	–	+	–
Время TR, мс	350	800	25	+	+	+
	800	5000	100	+	+	+
Поле сканирования, см	16	48	1	–	–	–
Толщина среза, мм	2	10	0,5	–	–	–
Число шагов кодирования фазы	128	512	32	+	–	+
Число шагов кодирования частоты	128	512	32	–	+	–
Число усреднений NEX	1	5	1	+	–	–
Эхо-трейн ETL	2	22	1	+	+	+
Полоса регистрируемых частот, кГц	4,47	28,83	2,15	–	+	–
	28,83	65,3	5,3	–	+	–
Угол поворота	0	180	10	–	–	+

Для оценки статистических зависимостей параметров сканирования друг от друга, а также определения границ диапазона их изменения, были проанализированы исследования с различными импульсными последовательностями (таблица). Полученные данные позволили сформировать диапазон и шаг изменений для каждого из параметров сканирования в рамках каждой из исследованных импульсных последовательностей. Выбранные диапазоны значений времени TR позволяют обеспечить T1, T2 и PD взвешенность изображений. Диапазоны регистрируемых частот выбраны для низкопольных (0,2 Тл) и высокопольных (свыше 1,5 Тл) томографов.

При анализе продолжительности исследования для МР-томографов с различным полем выявлена линейная зависимость от выбранного времени TR (рис. 3). Большее время для сканера с полем 0,2 Тл объясняется необходимостью увеличения числа накоплений для достижения требуемого соотношения сигнал/шум.

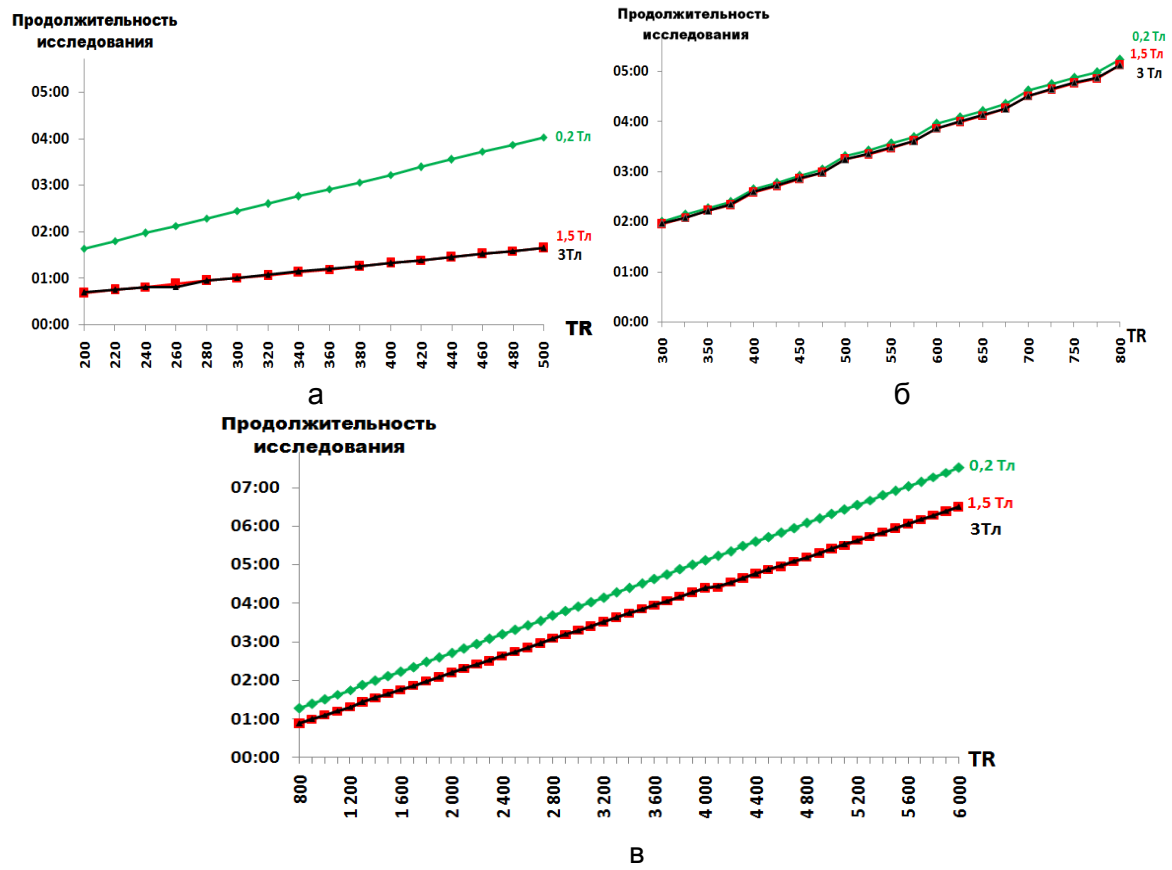


Рис. 3. Продолжительность исследования при различных TR: GRE (а); SE (б); FSE (в)

Существует несколько способов повышения соотношения сигнал/шум: уменьшение эхо-трейна, уменьшение полосы пропускания частот, снижение пространственного разрешения. Наиболее частым используемым способом является увеличение числа усреднений, которое также линейно увеличивает продолжительность исследования (рис. 4), при этом уровень шума снижается пропорционально корню из числа усреднений.

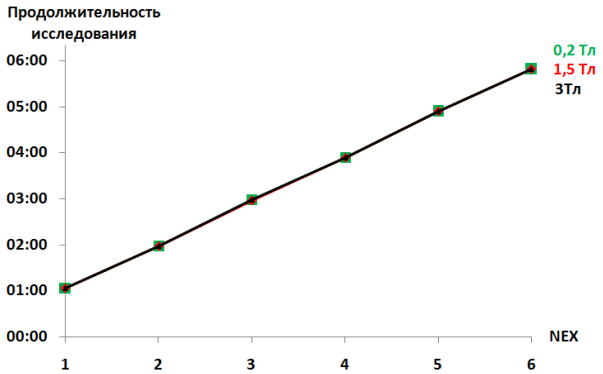
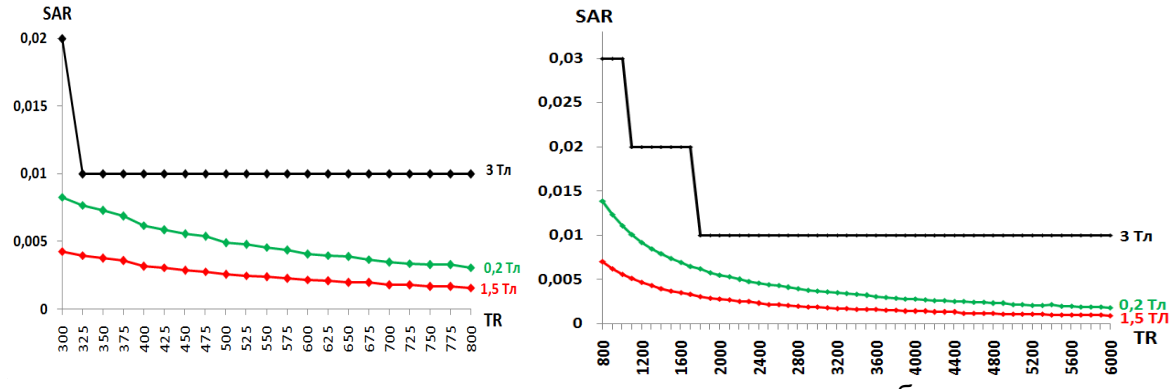


Рис. 4. Влияние NEX на длительность сканирования в последовательности FSE

Более сложное влияние параметры протокола оказывают на коэффициент поглощенного РЧ-излучения (SAR) и нагрева тканей, поскольку действующее ограничение сказывается приемущественно при использовании последовательностей с мощными РЧ-импульсами в высокопольных системах (рис. 5). Увеличению SAR способствует уменьшение времени TR, увеличение эхо-трейна, увеличение матрицы сканирования, числа срезов.



а б

Рис. 5. Зависимость SAR от TR в последовательностях: SE (а); FSE (б)

Поскольку невозможно получить экспериментальные томограммы для всех возможных сочетаний параметров сканирования, целесообразно использовать средства математического моделирования. Для решения данной задачи в среде MATLAB был разработан алгоритм, позволяющий создать томограммы головного мозга на основе эталонных масок различных тканей (белого и серого веществ, ликвора, костных тканей, жира). Маски создавались с помощью метода бинарной сегментации с двойным порогом, затем были применены морфологические операции и фильтрация. Правильность сегментации оценивалась визуально с использованием ручной сегментации. Так как каждое полученное изображение содержит относительно однородную ткань, то комбинации этих масок с различной интенсивностью, задаваемой в зависимости от параметров протокола, позволяют создавать изображения головного мозга различной взвешенности. Данный подход может быть использован для создания модельных томограмм любых анатомических областей.

Разработка симулятора проводилась в среде программирования Microsoft Visual Studio на языке программирования C#. За основу для интерфейса для симулятора были использованы консоли МРТ: General Electric Signa Profile 0,2 Тл, General Electric Signa HDxt 3Тл и Toshiba Vantage Atlas 1,5 Тл. Так как сам симулятор разрабатывается в среде Windows, все функциональные элементы имеют вид и структуру именно этой операционной системе, в отличие от оригинальной консоли, выполненной на базе Unix. Одним из основных требований к симулятору является обеспечение схожести интерфейса и корректный расчет эмулируемых параметров, зависящих от входных данных. Некоторые функции, доступные в реальной консоли томографа, при разработке симулятора были опущены, так как не используются при планировании исследования. При запуске приложения симулятора появляется главное окно, в котором пользователю предлагается выбрать модель томографа, на которой будет осуществляться обучение (рис. 6). Каждый из вариантов подразумевает открытие нового окна, которое работает независимо от остальных.

Рис. 6. Окно выбора модели МРТ

Выбор модели (например, GE Signa HDxt 3Тл) открывает окно, симулирующее консоль соответствующего МР-томографа (рис. 7). Визуальное сходство в симуляторе обеспечивается идентичностью цветового оформления и расположения элементов управления. Пользователю предлагается ввести данные пациента, без которых

невозможно проведение исследования в клинической практике; поле ввода располагается в верхнем левом углу и реализованно с помощью элементов TextBox. Следующим элементом управления являются параметры визуализации: выбор анатомической области, режима исследования (2D, 3D), плоскости сканирования (аксиальная, корональная, сагиттальная) и импульсной последовательности. Эти функции реализованы с помощью элементов ComboBox, RadioButton и GroupBox. Ниже располагаются группа элементов GroupBox отвечающая за параметры сканирования для выбранной последовательности импульсов. В ней с помощью элементов TrackBar, TextBox и TabControl задаются параметры: время эхо, время повторения, длина эхо-трейна, угол поворота, ширина полосы пропускания и время инверсии.

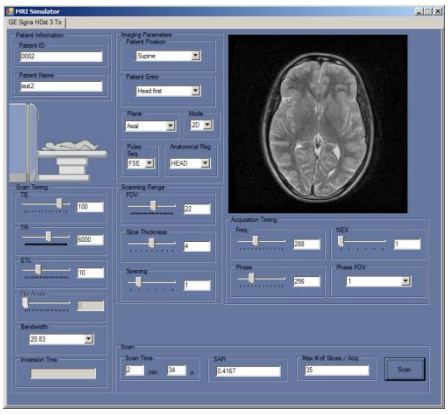


Рис. 7. Окно интерфейса консоли GE Signa HDxt 3Тл

В правом верхнем углу окна с помощью элемента PictureBox реализован вывод изображений из встроенной базы данных, содержащей как смоделированные, так и экспериментально полученные изображения. Центральную часть симулятора занимают параметры, определяющие пространственное разрешение и время сбора данных: поле сканирования, толщина среза, число шагов кодирования частоты и фазы, число усреднений и коэффициент поля сканирования по фазе. Для их реализации использовались элементы: TrackBar, TabControl. В нижней части приложения располагаются элементы TextBox, отвечающие за параметры накопления: время сканирования, SAR и количество срезов на одно повторение. С помощью элемента Button реализована кнопка «Scan», начинающая расчет параметров. Для того чтобы завершить работу приложения и перейти к окну приветствия нужно нажать значок «крестик».

Разработанный симулятор позволяет осуществлять планирование исследований в МРТ и имитирующий консоли МР-сканеров с различной индукцией магнитного поля. Симулятор построен с использованием обьектно-ориентированного программирования и позволять создавать протоколы на базе четырех импульсных последовательностей, экспериментальные и модельные томограммы, и отображает рассчитанные время сканирования, SAR и максимальное число срезов за одно накопление данных, имеет возможность пополнения базы данных. Отображение результатов работы симулятора осуществляется с использованием базы изображений головного мозга, охватывающей все варианты контрастности тканей для реализуемых диапазонов параметров сканирования.

Литература

1. Казначеева А.О. Возможности и ограничения высокопольной магнитно-резонансной томографии (1,5 и 3 Тесла) // Лучевая диагностика и терапия. – 2010. – № 4. – С. 83–87.
2. Benoit-Cattin H., Collewet G., Belaroussi B. The SIMRI project: a versatile and interactive MRI simulator // Journal of Magnetic Resonance. – 2005. – V. 173. – P. 97115.

3. Shellock F.G., Crues J.V. MR procedures: biologic effects, safety, and patient care // Radiology. – 2004. – V. 232. – P. 635–652.
4. Westbrook C. Handbook of MRI Technique. – Blackwel Science, 2006.

Семенова Елена Евгеньевна
Год рождения: 1991
Естественнонаучный факультет, кафедра интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере, группа № 6709
Направление подготовки: 230400 – Информационные системы и технологии
e-mail: elena.semenova_2012@mail.ru

УДК 004.912

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПЕРЕДАЧИ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ ДАННЫХ ЧЕРЕЗ QR-КОД

Е.Е. Семенова
Научный руководитель – к.т.н., доцент И.В. Петров

В настоящей работе приведены разработанные алгоритмы аутентификации посредством QR-кода и кратко описан процесс выбора их основных характеристик. В ходе исследования была определена функциональность прототипа системы и выбран единственный алгоритм для ее реализации. Также в работе содержится описание алгоритма пользования мобильным приложением для получения ссылки на персонализированный тест и приведены дополнительные возможности практического применения системы.

Основной **целью работы** являлась разработка алгоритма передачи персонализированных данных через QR-код. В работе понятие персонализированных данных дополнено и включает в себя помимо индивидуальных настроек пользователя любую информацию, относящуюся к конкретному пользователю.

Основная проблема технологий авторизации – высокий риск подмены данных, позволяющий пройти авторизацию за другого пользователя. Этот недостаток можно исправить за счет внедрения дополнительной защиты передаваемых сведений, осуществления привязки данных к мобильным устройствам и внедрения проверки местоположения пользователя в рамках ограниченной локации. Одним из вариантов использования такой системы является сфера веб-образования, в частности, доступ к персонализированным тестам обучающихся.

Выделяют следующие технологии аутентификации:

1 парольная аутентификация;
2 SMS-авторизация;
3 биометрические методы;
4 цифровой сертификат;
5 Enum-авторизация;
6 QR-код.

Ввиду увеличения практического интереса к QR-кодам, удобства их использования на мобильных устройствах, но в то же время недостаточной изученности именно этот инструмент было решено использовать в качестве метода аутентификации для построения собственной системы.

Для определения алгоритма работы системы и модели передачи персонализированных данных потребовалось провести исследование возможных характеристик системы, в частности: метода получения координат, метода идентификации, метода получения ключа и алгоритмов шифрования данных.

В качестве способа получения местоположения пользователя были выбраны GPS-координаты. Также рассматривался способ получения координат по GSM-стандарту и системе ГЛОССНАС. В качестве персонализированных данных, к которым пользователь должен получить доступ, выступает ссылка на индивидуальный тест обучающегося на общем ресурсе. Для идентификации пользователя было решено использовать собственный идентификатор, заложенный в мобильное приложение.

Обмен данными в системе происходит между клиентом, представленным мобильным приложением, сервером и QR-кодом, который генерирует сервер. В мобильном приложении находится уникальный ключ пользователя, который должен узнать сервер, чтобы зашифровать им данные соответствующего пользователя.

Передача ключа от клиента к серверу представляет основную угрозу безопасности системы. Было разработано три алгоритма работы системы, предотвращающие атаки злоумышленника.

1 Передача ключа по ассиметричному алгоритму. Наиболее простая реализация системы: передача открытого ключа серверу производится вместе с передачей координат. В этом случае в мобильном приложении пользователя помимо его идентификатора должна быть заложена пара открытый/закрытый ключ, математически связанная между собой. Сервер шифрует данные пользователя полученным открытым ключом, формирует QR-код и отправляет его на монитор. Пользователь сканирует QR-код и благодаря закрытому ключу мобильное приложение расшифровывает те данные из двумерного штрих-кода, которые относятся к данному пользователю.
2 Передача ключа по симметричному алгоритму. Данный способ предполагает использование одинакового ключа для кодирования/декодирования данных. В связи с этим для обеспечения должного уровня безопасности в этом случае следует предусмотреть особый метод передачи ключа для декодирования главного ключа, например, по протоколу Диффи–Хеллмана.
3 Алгоритм с получение ключа по Диффи–Хеллману. Предыдущий алгоритм системы можно упростить за счет использования прямой передачи главного ключа для шифрования по алгоритму Диффи–Хеллмана. В такой реализации отсутствует необходимость передавать ключ, что, в свою очередь, упрощает техническую реализацию системы благодаря уменьшения количества операций между клиентом и сервером. Этот факт, в свою очередь, увеличивает скорость доступа к ресурсу.

Именно алгоритм с получением ключа по Диффи–Хеллману был выбран для реализации прототипа. В дальнейшем он был усовершенствован за счет исключения монитора для демонстрации QR-кода. Было решено напрямую передавать QR-код в мобильное приложение, что позволило сократить количество операций между сущностями. Кроме того, было решено включать в QR-код данные не всех пользователей, которым необходимо предоставить доступ, а только тех, кто отправил запрос на авторизацию до текущего пользователя. Это, в свою очередь, позволило сократить время получения данных.

Основными шагами разработанного алгоритма являются следующие:

1. в момент запуска мобильное приложение формирует параметры протокола Диффи–Хеллмана;
2. мобильное приложение определяет координаты пользователя;

3. мобильное приложение отправляет серверу сформированные параметры протокола Диффи–Хеллмана и координаты;
4. сервер сверяет полученные координаты с заданным местоположением и в случае успеха операции переходит к следующему пункту. В случае неудачи сервер выдает сообщение об ошибке;
5. сервер вычисляет собственные параметры протокола Диффи–Хеллмана;
6. сервер шифрует персонализированные данные пользователя вычисленным ключом по симметричному алгоритму и заносит сведения о ключе и данные в зашифрованном виде в таблицу базы данных по конкретному пользователю;
7. сервер генерирует QR-код, в котором содержатся все необходимые секретные сообщения в зашифрованном виде, добавляет к нему открытые ключи и отправляет двумерный штрих-код на сторону клиента;
8. мобильное приложение расшифровывает персонализированные данные пользователями из QR-кода открытым ключом и демонстрирует их на экране совместно с полученным QR-кодом.

В качестве персонализированных данных используется ссылка на тест. После ее получения мобильное приложение сразу предлагает пользователю перейти по ней через браузер.

Для выбора алгоритма шифрования данных проведено сравнение симметричных алгоритмов шифрования:

1 DES;
2 AES.

В результат было решено использовать алгоритм Rijndael-128 ввиду его широкой распространенности и с оптимальным количеством символов в выходном сообщении.

Согласно требованиям, предъявляемым к системе, система должна реализовывать следующую функциональность пользователя:

1 запустить приложение;
2 получить ссылку на QR-код;
3 посмотреть QR-код;
4 получить ссылку для теста;
5 перейти по ссылке.

Для создания прототипа с заданной функциональностью было решено разработать мобильное приложение под ОС Android. Для это цели выбрано использование клиент-серверного взаимодействия с серверной частью на php (CodeIgniter) и клиентской частью на Java.

Рисунок. Экран мобильного приложения после получения персонализированных данных

Алгоритм использования приложения следующий:

1. в момент запуска мобильное приложение предлагает пройти авторизацию;
2. пользователь соглашается с приложением и нажимает на кнопку «Получить ссылку на QR-код» (рисунок);
3. по истечении небольшого промежутка времени пользователь видит ссылку на сайте, на которой располагается сформированный сервером QR-код;
4. пользователь может скачать QR-код к себе и затем расшифровать его, либо сразу получить свою ссылку, содержащуюся в QR-коде. Пользователь нажимает «Получить ссылку для теста» и видит свою ссылку на индивидуальный тест и полученный QR-код;
5. пользователь переходит по ссылке через свой браузер и попадает на страницу индивидуального теста.

Данная система может быть актуальной не только для сферы веб-образования, но и для маркетинговых акций, закрытых конференций, тестов, деловых знакомств. Система может быть применима в любой отрасли, где необходимо предоставить доступ к персонализированным данным с мобильного устройства в рамках ограниченной локации.

Обобщая результаты работы, отметим следующее:

1. было проведено исследование метода получения координат, метода идентификации, метода получения ключа и алгоритмов шифрования данных для выявления алгоритма работы системы и определения модели системы;
2. было разработано три алгоритма работы системы, из которых алгоритм с получением ключа по Диффи–Хеллману был выбран для реализации прототипа и усовершенствован;
3. был разработан прототип системы в виде мобильного приложения под ОС Android, полностью реализующий необходимую функциональность.

Литература

1. Семенова Е.Е. Особенности алгоритмов кодирования персонализированной информации, полученной с помощью QR-кодов // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых. Выпуск 3. – 2013. – С. 15–16.
2. Roalter L., Kranz M., Möller A., Diewald S., Stockinger T., Koelle M., Lindemann P. Visual authentication: a secure single step authentication for user authorization // MUM. – 2013. – № 30 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eislab.net/publications/2013/mum2013_roalter_preprint.pdf, своб.
3. Takamizawa H. and Kenji K. A web authentication system using location information from mobile telephones // Proceedings of the IASTED international conference Web-based Education (WBE 2009). – 2009. – P. 31–36.
4. Пучкова Д.М. Персонализация пользовательских данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://webbcare.org/lectures/poks/Lecture16.pdf, своб.

Сметанников Иван Борисович
Год рождения: 1990
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра компьютерных технологий, группа № 6539
Направление подготовки: 010400– Прикладная математика и информатика
e-mail: smeivan@mail.ru

УДК 004.021

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ САМОПЕРЕСЕЧЕНИЙ БЕЛКОВОЙ ЦЕПИ

И.Б. Сметанников
Научный руководитель – к.м.н., доцент Ю.Б. Порозов

Цель и задачи работы. Данная работа посвящалась разработке эффективного метода определения самопересечений белковой цепи. Исследование белковых молекул является актуальной и малоизученной темой. Результатом работы явился быстрый и достаточно точный метод определения наличия самопересечений белковой цепи.

При решении задачи построения конформационного движения белковых цепочек [1, 2] используются различные генетические и эволюционные алгоритмы. При работе данного вида алгоритмов возникает огромное число промежуточных решений различной точности, зачастую даже частично противоречащих изначально заданной модели [3]. Для оценки функции приспособленности (функции штрафов) в качестве одной из компонент используется штрафная функция за самопересечения или излишне близкое расположение элементов белковой цепи. При расчете функции штрафов возникают две вычислительные проблемы: как наиболее эффективно отсеивать ребра цепи, которые заведомо не пересекаются (так как полный перебор занимает слишком много времени), а также проблема непосредственного быстрого поиска наличия пересечений уже у отобранных ребер. В процессе решения указанных проблем было предложено несколько методов, каждый из которых был реализован и опробован на тестовом наборе.

Используемая модель. В данной работе использовалась модель, приведенная в работе [4], описанная ниже, на которой и были протестированы опробованные методики. Однако данные методы подходят для любого грубозернистого метода моделирования конформационной подвижности белка.

Описание модели. Протеины – это полимеры, построенные из множества аминокислот. Белок обычно разделяют на главную цепь, состоящую из атомов $N^i, C_\alpha^i, C^i, N_{i+1}, C_\alpha^{i+1}, C^{i+1}$ ..., образующих цепь, соединенную ковалентными связями, и боковые цепи, которые являются уникальными для каждой аминокислоты. В данной модели боковые цепи игнорируются. Это сделано по нескольким причинам: во-первых движение боковых цепей требует гораздо меньших затрат энергии, чем движение главной цепи. Во-вторых, это позволяет значительно сэкономить время на поиске пересечений, так как даже без них данная подзадача является узким местом построения конформационного движения. При этом предполагается, что движение не пострадает, так как боковые цепи ввиду их малого вклада смогут сами обогнуть препятствия при

конформационном движении вслед за основной цепью. Таким образом, итоговая белковая цепь представлена ломаной линией.

Длину связей между атомами в главной цепи считаем постоянной на протяжении всего конформационного движения. Планарные углы между атомами (всего их возможно три вида) также считаем постоянными. Кроме того, торсионный угол между ребрами $C_\alpha^i C^i$ и $C^i N^{i+1}$ всегда равен π. Однако торсионные углы между ребрами $N^i C_\alpha^i$ и $C^i N^{i+1}$, а также между ребрами $C^i N^{i+1}$ и $C_\alpha^{i+1} C^{i+1}$ могут меняться. Таким образом, 2/3 всех торсионных углов в белке могут изменяться, что создает сложную функцию со множеством переменных, которую нужно оптимизировать, даже для небольших белков.

Конформационное движение может быть представлено в виде непрерывной функции координат атомов от времени, которая удовлетворяет всем ограничениям на связи и на планарные углы между связями, но такая функция крайне сложна. В нашем случае конформационное движение представлено последовательным списком конформаций. Конформации в данном списке упорядочены так, что Root-mean-square deviation of atomic positions (RMSD) между двумя соседними в списке минимально. Данная модель учитывает только массы атомов главной цепи, но не учитывает электростатические и прочие силы. Это связано с несколькими причинами. Во-первых, именно гравитационные силы дают основной вклад во взаимодействие атомов в цепи. Во-вторых, это позволяет ускорить обсчеты модели и, как следствие, построение промежуточных конформаций. И, в-третьих, при данном виде постановки задачи в случае, если все же данная модель будет недостаточно точна, добавить в программный код обсчет дополнительных сил не составит большого труда, хотя и замедлит построение промежуточных конформаций (рис. 1).

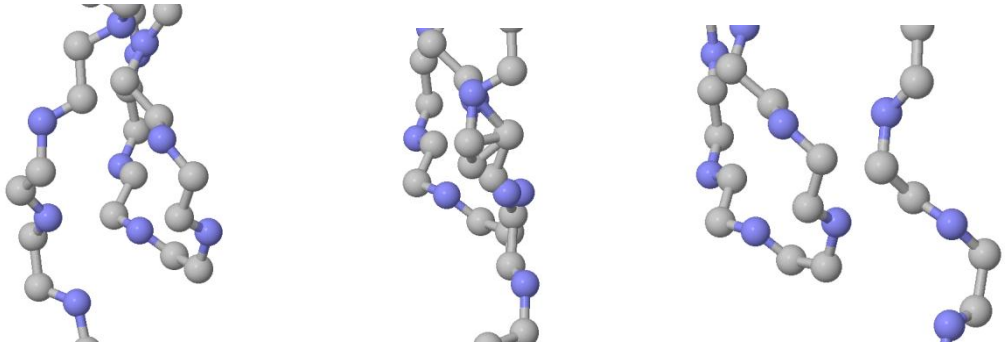


Рис. 1. Пример движения с пересечением

Самопересечения. Пусть между двумя базовыми конформациями построено несколько промежуточных конформаций. Задача состоит в том, чтобы проверить – не произошло ли самопересечений или слишком сильных сближений элементов белковой цепи в процессе движения. Для начала введем понятие отрезка или ребра цепи. Ребром цепи будем называть геометрический отрезок, соединяющий центры двух соседних атомов в белковой цепи. Соответственно, при переходе от модели к непосредственным обсчетам, для большей точности будем покрывать ребро радиусами Ван-дер-Ваальса с некоторым коэффициентом, полученным экспериментально.

Для того чтобы понять, не было ли у белковой цепи самопересечений при переходе между двумя соседними конформациями, строится линейная интерполяция движения каждого из ребер цепи при переходе из одной конформации в другую. При данном подходе может возникнуть проблема с сохранением длины ребра в процессе движения, однако она не влияет на качество обнаружения наличия пересечений или излишне сильных сближений элементов цепи, так как идет проверка на то, что

минимальное расстояние между ребрами в процессе движения было больше некоторого порогового значения. Следовательно, этот факт лишь добавляет небольшую дополнительную погрешность, которая покрывается увеличением константы около радиуса Ван-дер-Ваальса. Сама минимизация расстояния в аналитическом виде сводится к поиску корней уравнения пятой степени, поэтому решается численно.

С точки зрения поиска самопересечений может возникнуть две подзадачи:

1. поиск наличия хотя бы одного самопересечения или недопустимого сближения при конформационном переходе;
2. подсчет количества самопересечений и недопустимых движений при конформационном переходе.

Каждая из этих подзадач по-своему полезна. Первая подзадача необходима для определения возможности данного конформационного перехода в принципе. Вторая задача необходима для нахождения функции штрафов – конформационные переходы, имеющие большее число самопересечений будут иметь гораздо больший штраф, что необходимо для оптимизатора, строящего предполагаемое движение. Первая подзадача может быть быстро решена с помощью простого перебора, так как в случае наличия большого числа самопересечений алгоритм наткнется на одно из них почти сразу же, без необходимости построения дополнительных структур быстрого поиска. Однако для второй задачи, чтобы подсчитать штраф, необходимо проверить каждый отрезок попарно с каждым. В данной работе рассматривалась вторая подзадача, так как она является узким местом во времени работы методов оптимизации, применяемых для построения промежуточных конформаций.

Предложенные методы решения

Методы решения для первой подзадачи. Первый рассмотренный метод фактически является оптимизацией наивного алгоритма [4]. На каждом шаге работы, алгоритм покрывает начальное и конечное состояние каждого отрезка минимальным параллелепипедом со сторонами, параллельными осям, как показано на рис. 2. Затем алгоритм проверяет для каждой пары отрезков наличие пересечений у этих параллелепипедов. Если параллелепипеды пересекаются, то у данной пары отрезков есть подозрение на пересечение, и далее они проверяются на пересечение более точными методами.

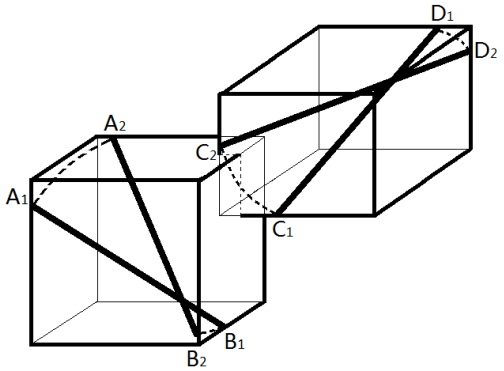


Рис. 2. Отрезок A_1B_1 переходит в отрезок A_2B_2, отрезок C_1D_1 переходит в отрезок C_2B_2. Параллелепипеды пересекаются – есть подозрение на пересечение отрезков

Вторым рассмотренным методом является отсеивание координатной сеткой. Для корректной работы с координатной сеткой [5] введем следующее условие: отрезки не должны двигаться «слишком далеко». Под этим понятием будем понимать следующее. Пусть длина отрезка l. Пусть, мы можем гарантировать, что все отрезки, попавшие в структуру, движутся не дальше, чем на расстояние kl. Тогда минимальным возможным размером ячейки нашей сетки возьмем также kl. Подобное утверждение позволит нам

искать отрезки, с которыми возможно пересечение данного отрезка не дальше, чем в соседних ячейках с той, в которой лежит сам отрезок, как это показано на рис. 3.

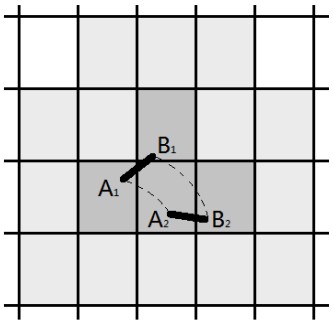


Рис. 3. Отрезок A_1B_1 переходит в отрезок A_2B_2. Проверка на возможное пересечение выполняется только с отрезками из соседних ячеек, выделенных серым

Для поддержки утверждения, что отрезки движутся «не слишком далеко», предварительно отфильтруем отрезки. Для каждого отрезка проверим, удовлетворяет ли он заданным ограничениям, и если нет, то будем проверять его на возможное пересечение со всеми остальными отрезками, проводя предварительное отсеивание параллелепипедами. Если же отрезок удовлетворяет ограничениям, то добавим его в сетку.

Для корректной работы октодерева [6, 7] будем также поддерживать утверждение, что отрезки движутся «не очень далеко». Для этого воспользуемся таким же фильтром, как и в предыдущем подразделе.

Сама структура работает следующим образом. В начале необходимо построить прямоугольный параллелепипед, ограничивающий все возможное пространство, где могут располагаться отрезки. Этот параллелепипед будет стартовой вершиной в октодереве. Затем будем добавлять по одному ребру из списка отфильтрованных ребер в дерево. Если в текущем элементе дерева количество отрезков превысило некоторый порог T, то разобьем этот параллелепипед на 8 малых параллелепипедов равных размеров и распределим ребра по ним. Данное разбиение можно осуществить, если после его исполнения не нарушается ограничение на минимальный размер грани параллелепипеда kl (см. предыдущий метод). В случае, когда из-за разбиения параллелепипеда, данное ограничение нарушится – оно не производится, даже несмотря на превышение ограничения числа ребер в текущем элементе дерева. Затем запускается этап проверки ребер на пересечение, при этом кандидатами на возможное пересечение с данным ребром считаются ребра из его ячейки и из соседних ячеек, как показано на рис. 4.

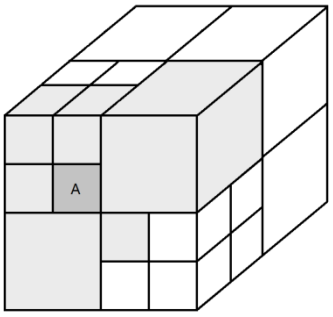


Рис. 4. Пусть рассматриваемый отрезок полностью проходит в элементе октодерева A. Проверка на возможное пересечение выполняется только с отрезками из соседних элементов, выделенных серым цветом

Методы решения второй подзадачи. В подразделе описаны более точные методы проверки отрезков на возможное пересечение. В процессе движения отрезки могут двигаться как угодно, т.е. не только параллельными переносами, но и вращениями.

В первом методе каждый отрезок аппроксимируется сферой. Затем два отрезка, имеющие подозрение на пересечение, проверяются путем попытки итерационного пересечения их сфер, как показано на рис. 5. Данный метод полностью игнорирует возможные вращения отрезков в пространстве, соответственно, в некоторых случаях, может иметь ложные срабатывания – когда аппроксимирующие сферы пересекаются, а сами отрезки нет.

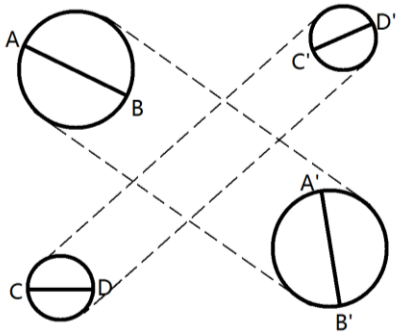


Рис. 5. Отрезок AB переходит в отрезок A'B', отрезок CD переходит в отрезок C'D'. Если в какой-то момент аппроксимирующие сферы пересеклись, то и сами отрезки считаются пересекшимися

Тем не менее, данный метод является достаточно быстрым и дает довольно высокую точность определения пересечений произвольно движущихся в пространстве отрезков.

Во втором методе задача поиска наличия пересечения двух отрезков сводится к нахождению минимального расстояния между ними во время движения этих отрезков. Аналитическое нахождение этой величины сводится к нахождению корней многочленов не менее пятой степени, а функция расстояния от времени может быть мультимодальной. В данной работе минимальное расстояние ищется численным методом. Вначале расстояние между отрезками вычисляется для моментов времени с шагом в 1/10 от протяженности всего процесса. После этого минимальное расстояние вычисляется в окрестности точки с помощью тернарного поиска. Минимальное расстояние, равное нулю, соответствует пересечению отрезков. Данный метод достаточно точно находит пересечение между двумя движущимися отрезками, однако обладает достаточно высокой вычислительной сложностью.

Результаты. Данные методы были опробованы на трех белках различного размера: 282, 444 и 1440 атомов в главной цепи. Также, для наглядности сравнения, был произведен замер времени работы при отсутствии фильтрования – поиске пересечений наивным алгоритмом.

В первой серии опытов было измерено время работы приведенных методов отбора отрезков с подозрением на пересечение и дальнейшей проверкой на пересечение с помощью аппроксимации сферами. При аппроксимации отрезков сферами по времени работы октодерево выигрывает у других методов при любой длине цепи.

Во второй серии опытов было измерено время работы приведенных методов отбора отрезков с подозрением на пересечение и дальнейшей проверкой на пересечение через поиск минимального расстояния между ними. При использовании данного метода проверки отрезков на пересечение, скорость работы всех алгоритмов значительно ухудшилась. Кроме того, для небольших белков октодерево, отсечение

параллелепипедами и сетка размера 5×5×5 выдают примерно одинаковую производительность (таблица).

Таблица. Результаты работы различных методов. Время работы в миллисекундах для проверки одного конформационного перехода

Количество атомов	282			444			1440		
Метод аппроксимации	сферы	точ-ный	комб.	сферы	точ-ный	комб.	сферы	точный	комб.
Сетка 2×2×2	1,29	13,66	1,35	5,25	41,53	5,39	105,42	363,68	109,67
Сетка 3×3×3	0,66	5,52	0,73	2,34	17,87	2,50	57,66	178,38	63,29
Сетка 4×4×4	0,47	3,11	0,56	1,57	9,29	1,71	45,97	112,57	50,54
Сетка 5×5×5	0,43	2,37	0,51	1,35	6,42	1,47	42,39	84,94	47,00
Параллелепипеды	2,85	2,83	2,79	6,95	6,98	6,88	73,56	74,02	72,82
Наивный	4,80	102,36	5,89	11,74	253,99	13,93	165,95	2620,62	170,27
Октодерево	0,54	3,16	0,64	1,51	6,73	1,66	39,46	53,59	44,15

В третьей серии опытов были скомбинированы метод аппроксимации сфер и поиск расстояния между отрезками. Сначала отрезки с подозрением на пересечение проверялись более быстрым методом – с помощью аппроксимации сферами. Если сферы указывали на пересечение, то запускалась проверка с помощью поиска расстояния между отрезками, с целью отсеивания ложных срабатываний. Результаты представленного метода можно увидеть на рис. 7. Как видно из построенного на рис. 7 графика, итоговое время работы для комбинированного метода больше времени работы для чистой аппроксимации сферами всего на 5–25% для различных методов. Но, в отличие от чистой аппроксимации сферами, данный метод обладает гораздо большей вычислительной точностью и отсутствием ложных срабатываний. В данном методе первое место по производительности для всех длин также занимает октодерево.

Таким образом, итоговый алгоритм, наиболее быстро находящий самопересечения белковой цепи будет выглядеть следующим образом:

1. отсеять «далеко движущиеся» отрезки с помощью отсеивания параллелепипедами и перейти для них к шагу 3;
2. все оставшиеся отрезки сложить в октодерево, отсеять с его помощью заведомо не пересекающиеся отрезки, а для остальных перейти к шагу 3;
3. для всех пар отрезков, у которых есть подозрение на пересечение, провести проверку на пересечение с помощью аппроксимации сферами. Все пары отрезков, сферы которых пересеклись, переходят к пункту 4;
4. все оставшиеся пары отрезков проверяются на точное пересечение через подсчет расстояния между ними.

Литература

1. Бронштейн М.П. Атомы и электроны. – М.: Наука, 1980. – 152 с.
2. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия. – М.: Просвещение, 1987. – 815 с.
3. Frenkel D., Smit B. Understanding Molecular Simulation. From Algorithms to Applications. – Academic Press, 2001. – 664 p.
4. Shevnin A.S., Semenov A.D., Porozov Yu.B. PDB-by-RMSD: the New Service and Tool for Searching Protein Structures // Am. J. of Bioinformatics Research. – 2013. – V. 3. – № 2. – P. 30–33.
5. Ming Chieh Lin. Efficient collision detection for animation and robotics. – University of California, Berkley, 1993. – 159 p.

6. Prosise J. Wicked Code // Microsoft systems journal. – 1996. – V. 11. – № 10 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.microsoft.com/msj/archive/S563.aspx, своб.
7. Erwin Coumans. Continuous collision detection and Physics. Sony computer entertainment. – 2005 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://gamedevs.org/uploads/continuous-collision-detection-and-physics.pdf, своб.

Соколов Андрей Анатольевич
Год рождения: 1991
Факультет информационных технологий и программирования, кафедра компьютерных технологий, группа № 6538
Направление подготовки: 010400 – Прикладная математика и информатика
e-mail: ansokolmail@gmail.com

УДК 004.94

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОСТРОЕНИЯ КАРТЫ КОНФОРМАЦИОННОЙ ПОДВИЖНОСТИ БЕЛКА

А.А. Соколов
Научный руководитель – к.м.н., доцент Ю.Б. Порозов

Белки (протеины, полипептиды) – высокомолекулярные органические вещества, состоящие из альфа-аминокислот, соединенных в цепочку пептидной связью. Белки выполняют множество функций в живом организме. Белковые молекулы образуют некоторую пространственную структуру, которая называется конформацией. Для одной молекулы белка существует множество конформаций. Получение данных о возможных конформаций белка позволит сделать выводы о возможности определенных белковых взаимодействий.

В данной работе изучалось конформационное движение белка. Эта задача крайне актуальна в виду отсутствия методов экспериментального получения данных о траекториях движения белка. Изучение возможных траекторий движения белка является крайне важной задачей изучения белковых взаимодействий, так как функции белка зависят во многом от положения их структуры в пространстве. Для одной молекулы белка существует множество конформаций. Получение данных о возможных конформаций белка позволит сделать выводы о возможности определенных белковых взаимодействий.

В настоящее время существуют методы получения информации о трехмерной структуре белков. Такими методами являются, например, рентгеновская кристаллография или, спектроскопия ядерного магнитного резонанса [1]. Информация, полученная этими методами, вносится в электронные базы данных, одной из которых является Protein Data Bank, PDB [3]. В Protein Data Bank содержится 100147 записей (по состоянию на 19 мая 2014 г.), и их число постоянно растет. Однако эти данные не что иное, как отдельные снимки конформаций белка, и эти снимки не позволяют получить полного представления о том, как молекулы осуществляют свое конформационное движение в пространстве. Возникает задача построения карты конформационного движения белка на основании известных (базовых) конформаций белка.

В ряде работ [4, 5] был изучено построение оптимальных путей между парами возможных конформаций. Однако эти методы не позволяли построить некоторые

сложные движения, включающие в себя другие базовые конформации. Также данные методы не учитывают другие базовые конформации при построении движения между двумя базовыми конформациями.

Основная цепь белковой молекулы состоит из атомов азота и углерода последовательной соединенных ковалентными химическими связями: $N^i, C_\alpha^i, C^i, N^{i+1}, C_\alpha^{i+1}, C^i, \ldots$. Конформационное движение молекулы определяется изменением торсионных (двугранных) углов. Торсионные углы между связями $C_\alpha^i - C^i$ и $N^{i+1} - C_\alpha^{i+1}$ изменяются незначительно и имеют значения близкие к $180°$ или к $0°$. Длины ковалентных связей между атомами и значения валентных углов могут меняться незначительно. Таким образом движение белковой молекулы полностью описывается изменением торсионных углов между связями $N^i - C_\alpha^i$ и $C^i - N^{i+1}$ и $C^i, N^{i+1} - C_\alpha^{i+1}, C^i$.

Данные из Protein Data bank [3] хранятся в файлах формата PDB. В этих файлах конформации белка задается декартовыми координатами атомов белка $X = (X_1, \ldots, X_n)$. От данного представления возможно [4] перейти к другому представлению $X = \{(r_i)_{i=1}^{n-1}, (\alpha_i)_{i=1}^{n-2}, (\varphi_i)_{i=1}^{n-2}\}$, где r_i – вектор длины связи; α_i – планарный угол между связями; $\varphi_i \in [-\pi, \pi]$ – торсионный угол между двумя плоскостями, образованными атомами X_i, X_{i+1}, X_{i+2} и X_{i+1}, X_{i+2}, X_{i+3}. Эти величины вычисляются по следующим формулам:

$$r_i = ||X_i - X_{i-1}||,$$
$$\alpha_i = \operatorname{acos}\left(\frac{\Delta X_{i+1}\Delta X_i}{||\Delta X_{i+1}|| ||\Delta X_i||}\right),$$
$$\varphi_i = \operatorname{sign}((N_i \times N_{i+1})\Delta x_{i+1} \operatorname{acos}\left(\frac{\Delta N_{i+1}\Delta N_i}{||\Delta N_{i+1}|| ||\Delta N_i||}\right)),$$

где $\Delta X_i = X_{i+1} - X_i$; $N_i = X_i X_{i+1}$; $\|\cdot\|$ – эвклидова норма вектора. В соответствии с биохимическими законами движения белковой молекулы описывается изменением торсионных углов. По этой причине данное представление молекулы удобно использовать при вычислении движения молекулы.

В качестве метрики расстояния между двумя конформациями используется стандартная метрика RMSD (root-mean square deviation).

$$RMSD(X_1, X_2) = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(\left(x_1^i - x_2^i\right)^2 + \left(y_1^i - y_2^i\right)^2 + \left(z_1^i - z_2^i\right)^2\right)},$$

где x_k^i, y_k^i, z_k^i – координаты атома под номером i в конформации X_k, а N – число атомов в остове молекулы.

Для задачи построения карты конформационных движений белка входными данными является N конформаций исследуемого белка, полученных из банка белков. Эти конформации в дальнейшем будут именоваться базовыми. Выходными данными являются набор конформаций белка и граф, описывающий порядок, в котором белок может принимать конформации из объединения множеств базовых и полученных (промежуточных) конформаций.

Предлагаемый метод состоит из следующих этапов:

– построение графа возможных конформационных движений;
– удаление заведомо неверных конформационных движений и маловероятных конформационных движений.

В данной работе считается, что базовые конформации исследуемого белка пронумерованы числами от одного до N.

Для всех пар конформаций (S, T) с номерами $1 \le S < T \le N$ и некоторого, заранее заданного числа K с использованием метода минимизации переноса масс [4–6] вычисляется стоимость конформационного движения $L(S, T) = L(T, S)$ и цепочка $C(S, T)$ из $K - 2$ промежуточных конформаций. Пусть γ – искомое движение.

Движения строятся так, чтобы минимизировать функцию $F(\gamma) = \sum_{j=1}^{n} m_j l_j^p$, где m_j – масса j-го атома; l_j – расстояние, пройденное j-м атомом.

Результатом работы является неориентированный граф G_1, вершинами которого служат базовые конформации, и между каждой парой различных вершин есть ребро, весом которого является стоимость конформационного движения между соответствующими конформациями.

В дополнение к этому, для каждой базовой конформации A выбирается один из твердотельных поворотов в пространстве $R(A)$, и для всех базовых конформаций $B \neq A$ строится цепочка промежуточных конформаций $F(A, B)$, эквивалентная цепочке $\mathrm{C}(\min(A, B), \max(A, b))$ с точностью до порядка следования конформаций (от начала к концу или от конца к началу) и до твердотельного вращения конформаций. Направление этой цепочки выбирается таким, что первой конформацией является конформация A, а ее ориентация в пространстве совпадает с $R(A)$. Кроме того, все остальные конформации выравниваются относительного предыдущей путем минимизации RMSD.

По причине использования приближенных стохастических алгоритмов оптимизации конформационного движения может получиться так, что для некоторой тройки конформаций A, B, C выполняется неравенство $L(A, B) + L(B, C) < L(A, C)$. Это означает, что оптимизация конформационного движения от A до C проведена неудовлетворительным образом. Значит данное движение следует удалить из карты возможных движений белка. В данной работе движение из конформации A в конформацию C будет удалено из графа. Следует выбрать некоторый порог отсечения таких ребер. В данной работе ребро из базовой конформации A в базовую конформацию C удаляется, если $2 \times \big(L(A, B) + L(B, C)\big) < L(A, C)$.

Также из графа удаляются некорректно построенные ребра, например, ребра в которых построенное движение такого, что в ходе движения остов молекулы пересекает сам себя.

Если белок при движении из конформации A в конформацию B проходит некоторую промежуточною C, то это движение из общих соображений должно происходить без резкого изменения движения молекул, составляющих белок.

Из этого следует, что если белок пришел в конформацию C из некоторой конформации A, то он может продолжить движение не во все конформации – например, он не может вернуться обратно в конформацию A или двигаться в конформацию B, похожую на A, так как это повлечет изменение направления движений молекул на угол близкий 180°. Подобное негладкое движение является менее вероятным по сравнению с более гладким движением.

Определение несовместимых конформационных движений производится следующим образом. Пусть A – заданная базовая конформация. Для каждой базовой конформации $B \neq A$ строится список $D(A, B)$ разностей координат атомов между первой и второй конформациями из цепочки $F(A, B)$. Тогда для атома с номером q величина $M_q(A, B) = D_q(A, B)/L(A, B)$ будет являться приближенным значением производной координат атома по времени при начале движения белка из конформации A в конформацию B. Далее, для каждой пары базовых конформаций (B, C), $B \neq A, C \neq A, B \neq C$ вычисляется величина $Q(B, C) = \max_q(M_q(A, B) + M_q(A, C))$. Чем ближе к нулю эта величина, тем с большей долей уверенности можно утверждать, что движение из A в C может быть продолжением движения из B в A. Выберем пороговое значение ϵ и определим возможность движения из B в C через A следующим образом $\theta(A, B, C) = 1$, если $Q(B, C) < \epsilon$, и 0 – в противном случае. Выбор значения можно проводить

экспериментально – сравнивая получаемые карты конформационной подвижности белка. В данной работе также представлен метод автоматического выбора значения ϵ.

Строится ориентированный граф G_2 с $O(N^2)$ вершинами. В данном графе имеются вершины следующих типов:

– для каждой базовой конформации A – вершина S_A, соответствующая началу движения белка из конформации A;
– для каждой базовой конформации A – вершина T_A, соответствующая окончанию движения белка в конформации A;
– для каждой пары базовых конформаций $A, B, A \neq B$ – вершина S_{AB}, соответствующая началу движения белка из A в B;
– для каждой пары базовых конформаций $A, B, A \neq B$ – вершина T_{AB}, соответствующая окончанию движения белка из A в B.

Приведем алгоритм построения множества ребер графа G_2;

1. для всех упорядоченных пар базовых конформаций $A, B, A \neq B$:
   – добавляется ребро с весом 0 из S_A в S_{AB};
   – добавляется ребро с весом 0 из T_A в T_{AB};
   – если существует ребро E из A в B в графе G_1, то добавляется ребро с весом, равным весу E, из S_{AB} в T_{AB}.
2. для всех упорядоченных пар базовых конформаций A, B, C $B \neq A, C \neq A, B \neq C$:
   – $\theta(A, B, C) = 1$, то добавляется ребро с весом 0 из T_{BA} в S_{AC}.

Таким образом, в графе G_2 имеется $O(N^2)$ вершин и $O(N^3)$ ребер.

Свойством графа G_2 является то, то что любой путь из S_A в T_B взаимно однозначно соответствует такому пути в графе G_1, в котором любые два ребра подряд не являются несовместимыми, при этом веса этих путей равны. Используя граф G_2, можно искать гладкие пути между конформациями.

В данной работе были использованы алгоритмы анализа весов конформационных движений между парами базовых конформаций.

Одним из простейших алгоритмов кластеризации данных, для которых известна только матрица расстояний между сущностями является алгоритм кластеризации методом минимального покрывающего (остовного) дерева. Для построенного графа конформационных движений известна энергия вычисленных переходов между базовыми конформациями. Эти значения – веса ребер в это графе. Для данного графа строится минимальное остовное дерево одним из известных алгоритмов. Предположим, что мы хотим разбить исходное множество на K кластеров. Тогда, в построенном дереве нужно удалить $K - 1$ ребро в порядке убывания весов, начиная с наибольшего. Полученные K компонент связности и будут результатом работы алгоритма – разбиением исходного множества базовых конформаций на кластеры.

Описанные методы были применены для конформаций нескольких реальных белков.

Было разработано средство автоматического построения карты конформационной подвижности белка на основе ранее используемых методов построения конформационного движения между парой известных конформаций.

Литература

1. Финкельштейн А.В., Птицын О.Б. Физика белка. – М.: КДУ, 2012. – 524 с.
2. Северин Е.С. Биохимия. Учебник для вузов. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2004. – 779 с.
3. RCSB Protein Data Bank [Электронный режим]. – Режим доступа: http://www.rcsb.org, своб.

4. Krass A., Nikolenko S., Stepanov E. and Porozov Yu. Modelling of Protein Conformational Movements Based on Principle of Average Action // ISCB-ECCB. – 2011.
5. Koshevoy A.A., Stepanov E.O., and Porozov Yu.B. Method of Prediction and Optimization of Conformational Motion of Proteins Based on Mass Transportation Principle // Biophysics. – 2014. – V. 59(1). – P. 28–34.

Чунаев Антон Владимирович
Год рождения: 1989
Естественнонаучный факультет, кафедра интеллектуальные технологии в гуманитарной сфере, группа № 6709
Направление подготовки: 230400 – Информационные системы и технологии
e-mail: www.mix@bk.ru

УДК 004.9

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЯМИ В ПРОЕКТАХ, РЕАЛИЗУЕМЫХ ПО СТАНДАРТУ ITIL

А.В. Чунаев
Научный руководитель – ст. преподаватель А.Д. Береснев

В настоящей работе использована методика управления требованиями, область применения которой лежит в сфере деятельности корпоративного подхода по управлению информационными системами ITIL. В ходе анализа самого ITIL было выявлено большое влияние разнотипных требований на процессы внутри функционирующей системы, однако, конкретных руководств по управлению ими обнаружено не было. Это оказывает негативное воздействие на разработку и реализацию систем в соответствии с ITIL. Рассмотрев международные стандарты инженерии требований, также не удалось выявить согласованного руководства. Разработанная методика учитывает специфику ITIL, а также содержит пошаговое руководство к процессу управления требованиями.

Основной задачей **исследования являлась** разработка методики управления требования, учитывающей специфику ITIL, а также ее пошаговая формализация. Выявленная специфика ITIL может быть отражена в следующих пунктах:

1. ITIL – сервисно-ориентированный подход;
2. в его основе лежит цикл Деминга–Шухарта;
3. ITIL содержит единую базу знаний Service Knowledge Management System (SKMS);
4. все процессы, так или иначе, работают с требованиями;
5. отсутствие общего управления требованиями в рамках ITIL;
6. в ITIL выделены базовые типы требований и заинтересованных сторон;
7. в ITIL существует шаблон для учета требований;
8. все требования хранятся в документах SOR (Statements of Requirements);
9. ITIL не предназначен для управления работами по разработке систем.

В свою очередь, процесс управления требованиями состоит из трех стадий:

– планирование требований;
– разработка требований;

– управление изменениями.

Основными методами, применяемыми в разработанной методике, являются:

– метод перспектив VORD;
– использование шаблонов требований;
– метод расширенных связей.

Основными результатами работы являются:

– анализ международных стандартов инженерии требований;
– анализ стандарта ITIL;
– анализ процесса управления требованиями;
– описание 26 процессов, входящих в ITIL;
– выявление специфики ITIL;
– составление базового перечня типов требований;
– составление базового перечня атрибутов требований;
– описание базовых действий этапа планирования требований;
– выявление базового набора из 18 этапов разработки требований;
– описание методов отслеживания изменений в структуре требований;
– разработана методика управления требованиями в специфике ITIL.

Дальнейшие исследования посвящены математическому описанию процесса управления изменениями требований, а также методам его визуализации.

Литература

1. Халл Э., Джексон К., Дик Д. Разработка и управление требованиями. Практическое руководство пользователя. – 2-е изд. – Л.: Спрингер, 2005. – 240 с.
2. Леффингуэлл Д., Уидриг Д. Принципы работы с требованиями к программному обеспечению. Унифицированный подход / Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2002. – 448 с.
3. Young R. The Requirements Engineering Handbook. – L: Artech House, 2004. – 275 p.
4. Wiegers K., Beatty J. Software Requirements. Third Edition. – Redmond: Microsoft Press, 2013. – 673 p.
5. Systems and software engineering – Life cycle processes – Requirements engineering ISO/IEC/IEEE 29148:2011.

СОДЕРЖАНИЕ

ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСА УНИВЕРСИТЕТА НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ 5
Альфимов А.В. Флуктуационно-диссипативная модель броуновской динамики агломерирующих наночастиц оксида цинка в воде, используемых для создания материалов нанофотоники 6
Антонов А.А. Организационная культура в системе факторов инновационного потенциала организации 9
Бакк О.А. Исследование процесса сушки семян подсолнечника семенного фонда инфракрасным излучением 16
Борисов О.И. Исследование адаптивного и робастного управления по выходу робототехническими системами 21
Буздалова А.С. Выбор вспомогательных оптимизируемых величин для повышения эффективности эволюционных алгоритмов с помощью обучения с подкреплением 25
Булыгин К.А. Средства объектно-ориентированного описания цифровых схем 30
Бутылкина К.Д. Исследование и разработка трехзеркальных объективов без промежуточного изображения 35
Вараткова А.П. Разработка комплекса виртуальных моделей для изучения алгоритмов обработки изображений в автоматизированных системах наблюдения 42
Грибаев А.И. Создание и оптимизация параметров лабораторного стенда для записи волоконных брэгговских решеток одиночным импульсом эксимерного лазера 45
Громов В.С. Исследование активной компенсации возмущающих воздействий в робототехнических системах 47
Дранник А.Л. Разработка технологии моделирования проблем информационной безопасности роевых робототехнических систем 50
Елисеев Е.А. Исследование инвестиционных возможностей создания систем спектральной оптической когерентной микроскопии 54
Жук Д.В. Анализ реакции граждан на изменения в законодательстве с использованием специализированных сервисов мониторинга социальных медиа 62
Жуков М.В. Создание и исследование специализированных зондов на основе нановискерных структур для сканирующей зондовой микроскопии 68
Клещенок М.А. Исследование погрешностей оптико-электронной системы контроля соосности положения элементов турбоагрегатов 75
Комиссаренко Ф.Э. Манипулирование микро- и наночастицами под действием электронного пучка: моделирование, эксперимент, применение 80
Коннов К.А. исследование и поиск путей оптимизации параметров записи волоконных брэгговских решеток Krf эксимерным лазером 83
Левин М.К. Анализ и оценка конкурентоспособности научно-технической продукции 85
Левина М.И. Методики и технологии управления информационными рисками 89
Леонтьева А.И. Разработка методики структурного анализа конструкций линзово-зеркальных систем оптических приборов 92
Лосев С.В. Исследование и разработка системы регистрации высокоскоростной цели в инфракрасном диапазоне 99
Мелихова А.С. Построение математической модели цепочек нанорезонаторов и ее спектральный анализ 104
Минаева Л.В. Исследование процесса измельчения плодов и овощей и совершенствование рабочего органа при производстве лимонного напитка

с мякотью 111
Минаева Т.В. Теоретическое изучение особенностей процесса охлаждения и хранения пищевых продуктов и разработка охлаждающего аппарата для хранения плодов и овощей 115
Мякишева А.А. Теоретическое обоснование формы режущей кромки лезвия ножа мясоизмельчительного оборудования 119
Паланджян Д.А. Исследование записи решеток Брэгга в анизотропном одномодовом волоконном световоде с эллиптической напрягающей оболочкой излучением ArF -эксимерного лазера 123
Посевкин Р.В. Автоматизация сентимент-анализа текста 127
Рудакова М.С. Разработка микропроекторной системы смешанной и дополненной реальности на плоских волноводных экранах 131
Савченко Я.И. Проектирование архитектуры систем безопасности на объектах в Autodesk 3Ds Max 135
Толочёк Н.С. Разработка и исследование оптико-электронной системы контроля положения контррефлектора радиотелескопа миллиметрового диапазона 141
Шашкова Е.В. Коммерциализации научно-технических разработок в России 146
Щеглов К.А. Разработка методов и средств защиты от атак на наиболее актуальные уязвимости информационных систем 151

ЛАУРЕАТЫ КОНКУРСА УНИВЕРСИТЕТА (ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСОВ ФАКУЛЬТЕТОВ) НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ 155
Антонова А.С. Анализ методов и алгоритмов сегментации магнитно-резонансных томограмм коленного сустава 156
Бондарь И.И. Исследование и расчет малогабаритного объектива из полимерных материалов с асферическими поверхностями 163
Говоров А.И. Особенности проектирования виртуального лабораторного практикума по компьютерным сетям как компонента информационно-образовательной среды 167
Горбунова Е.А. Анализ и проектирование системы управления персоналом фирмы 171
Иващенко М.И. Разработка лабораторного стенда для регистрации и исследования электрических сигналов 173
Калинина Н.А. Постановка и решение задачи об охлаждаемом зонде в слабоионизованной плазме 176
Кочегарова Т.С. Управление экологическими рисками в металлургической отрасли на основе внедрения наилучших доступных технологий 184
Миняев А.А. Разработка системы защиты персональных данных оператора связи 186
Смирнов М.А. Обеспечение доступности информации на предприятии с использованием виртуализации на VMware 190
Сорокин Д.С. Разработка методики определения плагиата в исходных кодах работ студентов 193
Чернакова О.В. Разработка рецептуры и технологии десерта на основе молочной сыворотки и продуктов переработки семян льна 198
Шкенев Г.С. Исследование и анализ производства хлебопекарных дрожжей и разработка системы контроля и управления биотехнологических параметров процесса 201
Щедрин П.О. Разработка технологических систем и программных средств управления станциями линии сборки микрообъективов 205

ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСОВ КАФЕДР НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ 209
Аверкиев Д.А. Разработка и исследование портативного сферометра 210
Александрова С.А. Синтез и анализ параметрически инвариантных непрерывных систем 212
Алимова Д.С. Разработка низкотемпературной схемы приготовления замесов с использованием потенциала ферментативной системы зерновых культур 214
Баранов А.Н. Разработка методов получения многоспектральных покрытий в области спектра 0,4–12 мкм с повышенными эксплуатационными характеристиками 217
Беднова М.В. Разработка атмосферного модуля в составе автоматической системы контроля атмосферного воздуха в городе Магадан 222
Белякова С.Ю. Разработка технологии функциональных кисломолочных продуктов с наполнителями растительного происхождения 227
Березин Д.С. Автоматизация процесса предоставления аналитической отчетности компаний розничной торговли контрагентам 230
Беркутов И.В. Экспериментальные исследования применения ультразвукового метода для контроля качества сварных соединений, полученных сваркой трением с перемешиванием 235
Борисова М.В. Автоматизация документооборота для конкурсного производства при банкротстве на базе 1С: «Аналитика: Документооборот» 241
Булавенко А.В. Разработка рецептуры и технологии мягкого сыра из козьего молока с растительными наполнителями 248
Ведмеденко Н.С. Разработка метода электростатической сепарации круп 251
Глазачева Е.Н. Создание эффективных сорбентов для очистки поверхности от разливов нефти и нефтепродуктов 254
Гордеев И.А. Разработка функционала размерно-точностного синтеза и анализа для элементов вращения при проектировании техпроцессов механообработки 259
Громов А.Б. Исследование системы управления емкостным накопителем энергии ... 264
Гуркин А.И. Разработка метода обнаружения и предотвращения вторжений на основе реализации контроля доступа к защищаемым ресурсам 268
Евдокимов Ю.А. Разработка и исследование методики проектирования и средств управления автоматизированной станцией сборки оптического узла «линза в оправе» 270
Житнухина Е.Э. Разработка метода безопасного приготовления горючих и взрывоопасных газовых смесей на предприятиях-производителях 274
Захаров Д.С. Алгоритмы стыковки и модификации речевого сигнала 280
Казурова Д.К. Исследование влияния условий подсветки объекта на изображающие свойства синтезированных голограмм-проекторов Френеля 283
Калдыбеков Т.Е. Разработка и исследование моделей, алгоритмов и программ казахско-английского машинного перевода 288
Ким А.В. Защита персональных данных. Кража личности. Методы и способы противодействия присвоению личности 293
Козлова Е.В. Самоорганизующаяся модель информационной безопасности робототехнических комплексов с роевым интеллектом 299
Корягина А.В. Разработка состава и технологии соуса на молочно-растительной основе 306
Кравцова Е.В. Исследование технологических особенностей процесса резания пищевых продуктов лезвийным инструментом, разработка устройства для резки

плодов и овощей ... 311
Куприянов Д.В. Исследование использования глобальных дескрипторов в SLAM технологии ... 315
Лебедев К.И. Организация и исследование базы данных для производства полимерных линз ... 318
Макарова Е.В. Разработка оптической системы тепловой головки самонаведения ракет ... 320
Малахов Ю.Л. Совершенствование аппаратурно-технологической структуры каналов управления в маслоизготовителе непрерывного действия ... 325
Метлушко Е.А. Разработка компонентов экспертной системы для оптического приборостроения ... 330
Михеев С.А. Прогнозирование компании по продаже электроники на рынке города Санкт-Петербурга ... 334
Мкртычян Н.Б. Оценка неопределенности измерений массовой концентрации окислов серы и азота в атмосферном воздухе при использовании автоматических газоанализаторов ... 335
Мусаев А.А. Разработка программно-алгоритмического управляющего комплекса процессом нефтепереработки ... 342
Неутов М.Ю. Автоматизация проектирования облегчающих конструкций для астрономической оптики ... 344
Никитина В.М. Исследование и разработка приемо-передающего телескопа межспутниковой космической линии связи ... 349
Олейник Р.В. Проектирование антропоморфной системы для исследования кинематики руки человека ... 354
Павлов М.С. Исследование влияния микрофлоры молока на выход творога ... 358
Пасишник А.С. Разработка фотонно-кристаллических световодов для применения в системах, использующих мощное лазерное излучение ... 363
Пастухов А.С. Анализ аппаратурно-технологических факторов процесса охлаждения хлебобулочных изделий в потоке и разработка системы управления ... 365
Перепёлкин А.К. Автоматизация процессов работы с клиентами и производства рекламной продукции в региональной телекомпании «Триада» ... 369
Пинкевич В.Ю. Разработка сетевого процессора для системы на кристалле ... 374
Пономарев М.В. Разработка программных библиотек для реализации методов Монте-Карло в системах алгоритмической торговли ... 380
Романов Н.А. Компьютерное моделирование и визуализация технологии изготовления нестандартных зубчатых колес из полимерных композиционных материалов ... 384
Румянцева Е.Д. Температурные исследования диэлектрических параметров перовскитов: керамики титаната бария с примесью марганца и монокристалла титаната стронция ... 387
Саввин Д.П. Методическое обеспечение внедрения бизнес-аналитических решений ... 390
Саврасов А.Н. Разработка модели управления движением зеркала резонатора твердотельного лазера ... 396
Савчук В.В. Разработка программно-аппаратного комплекса для перехвата и воспроизведения сигналов радиоуправляемых шлагбаумов ... 398
Сафронов А.Г. Динамическая реконфигурация систем с сервис-ориентированной архитектурой ... 400
Сидоренков Д.С. Исследование влияния тепловых воздействий на характеристики атомного стандарта частоты с лазерной накачкой ... 406

Скриплева Е.А. Разработка состава и технологии кисломолочного напитка с использованием биодобавки «Селен Альга Плюс» 409
Смирнов Д.С. Проектирование механизма, обеспечивающего стабилизацию основания судовой антенны в условиях качки 413
Соколов М.А. Разработка и исследование электромеханической системы мотор-генератора супермаховика в вакуумной среде 416
Тампер О.К. Разработка метода защиты от атак на повышение привилегий 420
Ткачев Н.Р. Разработка рецептуры и технологии коктейля на основе кисломолочных напитков 422
Успенский А.Б. Термодинамическое исследование фазово-химических превращений для условий синтеза бариевых фторидфосфатных стекол 425
Хомидов Ф.Б. Разработка рецептуры и технологии кисломолочного напитка с мукой амаранта 429
Чирскова М.В. Исследование методик планирования и диспетчирования производства на промышленном предприятии 431
Шамилишвили Д.А. Методические основы проведения технологического аудита научно-технической продукции 435
Шаталов И.С. Изучение применения ферментного препарата в производстве упаковочного материала для растительного сырья и продуктов 439

УЧАСТНИКИ КОНКУРСОВ КАФЕДР НА ЛУЧШУЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ МАГИСТРОВ 444
Ашихин Д.С. Лазерно-ультразвуковая дефектометрия сварного соединения, полученного сваркой трением с перемешиванием 445
Гречун П.В. Разработка и реализация вероятностного метода подбора гиперпараметров для решения коллимационной задачи анизотропного рассеяния 451
Денисова А.А. Математические модели и алгоритмы поддержки принятия решений в задачах управления человеческими ресурсами 457
Добриков Ф.В. Исследование энергоэффективности скалярной и пространственно-векторной широтно-импульсной модуляции в трехфазном инверторе 464
Долганов В.О. Разработка метода сборки транскриптома на основе анализа компонент связности графа де Брёйна 466
Какунина А.С. Анализ способов оценки качества изображений в магнитно-резонансной томографии 470
Коптева Н.М. Моделирование информационной системы поддержки принятия решения выбора музыкального инструмента для поступающих в музыкальную школу 478
Костин А.О. Исследование теплового режима приемо-передающего модуля активной фазированной антенной решетки 483
Коцюба И.Ю. Автоматизация процесса разработки учебного плана для вуза с применением нечетких когнитивных карт 485
Наседкин В.В. Разработка программно-аппаратного комплекса для мониторинга выработки электроэнергии мобильной микро-ГЭС 487
Пискунов И.И. Погрешности восстановления нестационарных температур и тепловых потоков системы тел методами параметрической идентификации 490
Поляков А.А. Ультразвуковые методы обнаружения микродефектов в сварных соединениях, полученных сваркой трением с перемешиванием 495

Прокушева Д.И. Особенности проектирования интерфейса интерактивной карты учебного заведения 500
Пуллынен А.А. Разработка симулятора для планирования исследований в магнитно-резонансной томографии 502
Семенова Е.Е. Разработка алгоритма передачи персонализированных данных через QR-код 509
Сметанников И.Б. Разработка эффективного метода определения самопересечений белковой цепи 513
Соколов А.А. Разработка метода построения карты конформационной подвижности белка 519
Чунаев А.В. Разработка методики управления требованиями в проектах, реализуемых по стандарту ITIL 523

Аннотированный сборник научно-исследовательских выпускных квалификационных работ магистров Университета ИТМО / Главный редактор Проректор по НР д.т.н., профессор В.О. Никифоров. – СПб: Университет ИТМО, 2014. – 531 с.

АННОТИРОВАННЫЙ СБОРНИК НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ МАГИСТРОВ Университета ИТМО

Главный редактор
Проректор по НР
В.О. Никифоров
Дизайн обложки Н.А. Потехина
Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО
Зав. РИО Н.Ф. Гусарова
Лицензия ИД № 00408 от 05.11.99.
Подписано в печать 23.03.14
Заказ 3156. Тираж 100 экз.

При поддержке Совета обучающихся Университета ИТМО