



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

НАУЧНЫЕ

РАБОТЫ УЧАСТНИКОВ КОНКУРСА «Молодые ученые Университета ИТМО»

Санкт-Петербург

2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

**Научные работы участников конкурса
«Молодые ученые Университета ИТМО»
2015 года**



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Санкт-Петербург

2016

Научные работы участников конкурса «Молодые ученые Университета ИТМО» 2015 года. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 347 с.

Издание содержит результаты научных работ молодых ученых, которые приняли участие в конкурсе «Молодые ученые Университета ИТМО» в 2016 году.



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

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

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2016

© Авторы, 2016

**Научные работы участников конкурса
«Молодые ученые Университета ИТМО»
2015 года**

СТРАТЕГИЯ И ТАКТИКА РАЗВИТИЯ ИНТРАПРЕНЕРСТВА**Е.И. Алексашкина****Научный руководитель – д.э.н., профессор В.Л. Василёнок**

В работе рассматриваются определения понятия «интрапренерства», способы создания ценностей интрапренерством в организации и модель инициации и поощрения интрапренерства. Также представлены стратегии для интрапренеров, позволяющие им быть инновационными и творческими, и методы развития интрапренерства.

Ключевые слова: предпринимательство, интрапренерство, инициация интрапренерства, стратегии интрапренерства, методы развития интрапренерства.

Настоящее время, время рыночной глобализации и свободной торговли, предъявляет фирмам свои требования. Они должны постоянно проводить инновационную деятельность, чтобы улучшить свою гибкость, конкурентоспособность и реактивность. Многие авторы подчеркнули важность интрапренерства как стимула к инновациям в организации. Каннингем и Лишерон (1991) даже говорили об интрапренерских школах.

Все чаще турбулентные рынки, технологическая сложность, свободная торговля и растущее осознание отставания многих традиционных методов управления оказывают огромное воздействие на организации, стремящиеся к росту. Как отмечали Стивенсон и Джарилло (1990), интрапренерство становится важным в последние годы, так как крупные фирмы, желающие повысить свою конкурентоспособность, стали рассматривать характеристики гибкости, роста и инноваций в более широком смысле.

В большинстве работ отмечается существенное отличие интрапренерства от предпринимательства. Оно заключается в том, от чьего имени совершается предпринимательская деятельность: предприниматели создают инновации для себя, в то время как интрапренеры – для организации, в которой они работают. Эта разница в контексте порождает ряд других различий в отношении типа риска и ожидаемых выгод. Предприниматели выбирают сами себя, тогда как интрапренеры должны быть выбраны или, в некоторых случаях, быть признаны или навязываются организации.

Интрапренерство относится к процессу создания нового бизнеса в рамках существующих фирм для увеличения прибыли и повышения конкурентной позиции компании. Необходимо отметить, что внутреннее предпринимательство почти всегда используется для описания ситуации, встречающейся в крупных организациях. Тем не менее, это не означает, что оно существует только в них. Многие исследователи подчеркивают необходимость внедрения интрапренерства в малые и средние предприятия.

В книге «Intrapreneurship – act different» [1] отмечают, что интрапренерство может создавать ценности в организациях, по крайней мере, пятью различными способами.

1. Производительность. Производительность фирмы можно считать самым важным фактором интрапренерства, и обычно она обозначается с точки зрения роста и прибыльности. Несмотря на частые негативные последствия, которые могут нести организационные изменения в краткосрочном периоде, было доказано, что интрапренерство влияет положительно на производительность в средней и долгосрочной перспективе.
2. Процессы обучения. Индивидуальное обучение и интрапренерство должны взаимодействовать друг с другом, чтобы создать культуру и процессы организационного обучения. В итоге организации учат быть интрапренерами, но и интрапренеры влияют на общую культуру обучения в организации. Таким образом, они помогают компаниям повысить производительность, улучшить

организационную структуру, скорректировать стратегию с целью лучше адаптироваться к быстро меняющимся условиям рынка.

3. Удержание сотрудников. Интрапренерство – это не просто вопрос оживления бизнес-процессов, но и оживления рабочих мест. Если у сотрудников будут свобода, средства и помощь в развитии их идей, то организация получит конкурентоспособное, интрапренерское ядро, предотвращая тем самым отток квалифицированного персонала.
4. Корпоративная реновация и организационные изменения. Интрапренерство часто используют в качестве инструмента в трансформации или реновации существующих организаций. Реновация ключевых идей требует способности управлять изменениями, и исследование показало, что интрапренерство ассоциируется с созданием внутреннего разнообразия, позволяющего найти быстрый ответ на изменения во внешней среде.
5. Создание возможностей. Интрапренерскую деятельность можно рассматривать как способ укрепления потенциала возможностей внутри фирмы. Соответственно, основной вклад интрапренерства – это передавать ценные возможности существующим подразделениям, и, следовательно, выгода от инвестирования в интрапренерство в основном независима от непосредственного коммерческого успеха. Интрапренерские подразделения могут также дать толчок для появления новых возможностей, помочь развить способности, или играть определенную роль в трансформации возможностей. Например, создание филиала предприятия в других отраслях.

На основе теоретических выводов, тематического исследования и интервью Лауры Ланкинен, Элли Таймела, Тина Тосковик, Гита Уаллин предлагают модель из четырех шагов инициации и поощрения интрапренерства (рисунок).

1. Убедиться, что в целом факторы окружающей среды способствуют успешному интрапренерству (динамично развивающаяся отрасль, потенциал роста, потребность в обновлении).
2. Привить организационные контексты, которые окажут необходимую поддержку и защиту интрапренерства (отдельные команды, доступ к людям и ресурсам и т.д.).
3. Создать прозрачные, справедливые и формализованные процессы для трактовки идей, которые будут представлены, и общения с интрапренерами.
4. Искать критерии успеха в дополнение к непосредственным финансовым показателям и сделать особый акцент на изучении и результатах создания возможностей, выходящих за рамки интрапренерской деятельности [1].

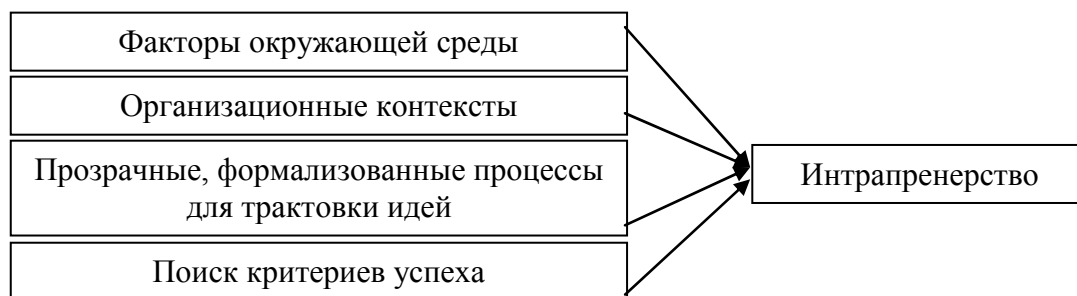


Рисунок. Модель инициации и поощрения интрапренерства (составлена автором)

Также Говард Оден в своей книге «Managing Corporate Culture, Innovation, and Intrapreneurship» определил много стратегий для интрапренеров, которые позволяют им быть инновационными и творческими, функционируя в компании. Некоторые из них представлены ниже.

- Интрапренерам необходимо искать одобрения творчески: спрашивайте менеджеров по маленьким решениям, чтобы сохранить важность решений

минимальной и помочь гарантировать одобрение. Кроме того, используйте клиентов и поставщиков, заинтересованных потенциальными инновациями для рычагов в получении одобрения.

- Им необходимо найти и использовать союзников: вовлечь в работу для поддержки сотрудников компании, особенно со знанием и навыками, относящимися к инновациям, а также со значительным влиянием в компании.
- Установить коалиции: интрапренеры могут реализовать свои цели, формируя коалиции, чтобы поддержать свои инновации. В коалиции вовлекают и коллег, которые поддерживают инновации, и менеджеров или руководителей.
- Убедить управление быть гибким: с помощью клиентов, союзников и коалиций, интрапренеры должны стремиться изменить твердую политику компании, чтобы облегчить инновации, и они должны указать менеджерам высшего звена, что политика и процедуры, которые существуют в зрелой компании, продукт или услуга не обязательно подходят для подающей надежды компании, продукта или услуги.
- Разделять доверие: интрапренеры должны признавать всех тех, кто участвует в инновационном проекте, чтобы способствовать дальнейшему сотрудничеству в инновационном процессе.
- Контролировать время ожидания: придерживаться сдержанной позиции проектов до тех пор, пока научные исследования и разработки не будут закончены, а инновации не будут готовы к рынку [2].

Интрапренерам приписали увеличение скорости и рентабельности передачи технологий от научных исследований до рынка. Иногда их считают изобретателями, но изобретатели придумывают новые продукты. А интрапренеры придумывают новые процессы, которые получают и выводят новый продукт на рынок. Одна из причин, почему их считают подобными изобретателям, то, что они творческие люди и являются любителями риска в том смысле, что они выступают из своей традиционной роли в пределах бизнеса. Однако их поведение риска личное. С точки зрения бизнеса интрапренеры фактически работают для уменьшения риска посредством инновационных подходов, которые они используют для более эффективного производства продукта и осуществления продаж.

Существуют методы, которые уже использовались компаниями, чтобы способствовать развитию интрапренерства:

- пользователям внутренних услуг разрешают сделать их собственный выбор – какого внутреннего поставщика они хотят использовать;
- поощряется общекорпоративное участие, настаивая на правде и честности в обратной связи рынка и маркетинга;
- команды интрапренеров рассматривают как центр прибыли, а не центр затрат (т.е. они ответственны за свой собственный результат). Некоторые компании даже открывают для интрапренерской команды собственный внутренний банковский счет;
- членам команды разрешают совмещать различные опции в работе, в инновационной деятельности, союзах и обменах;
- сотрудников поощряют развиваться, участвовать в тренингах, программах повышения квалификации;
- у внутренних предприятий есть официальный статус в организации;
- система договорных соглашений между внутренними предприятиями определена и поддержана организацией;
- система для урегулирования споров между внутренними предприятиями и между сотрудниками и предприятиями является частью плана интрапренерства.

Интрапренерство в бизнесе развивается, чтобы охватить различные концепции: идентификация и содействие сотрудникам, которые имеют то, что считается интрапренерскими чертами, развитие процесса интрапренерства для части или всего бизнеса и развитие инноваций посредством вознаграждения интрапренерского поведения [3].

Литература

1. Lankinen L., Taimela E., Toskovic T., Wallin G. Intrapreneurship – act different. – 2012. – P. 48–51.
2. Oden Howard W. Managing Corporate Culture, Innovation, and Intrapreneurship. – 1997. – 297 p.
3. The Intrapreneurial Organization [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.smallbusinessnotes.com/starting-a-business/the-intrapreneurial-organization.html>, своб.

УДК 622.7, 621.383.8, 528.854.4, 004.932.2

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ОБОГАТИМОСТИ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

А.А. Алёхин

Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. А.Н. Чертов

В работе приведены результаты исследования и разработки методики для оценки степени обогатимости руд твердых полезных ископаемых оптическим методом (с помощью оптических сортировочных комплексов/сепараторов). Проведены экспериментальные исследования исследовательского макета и методики оценки степени обогатимости оптическим методом на образцах кварцита. Полученные результаты могут быть использованы в технологической минералогии, а разработанные технические решения являются основой для модернизированного портативного макета для работы в полевых условиях на месторождениях/карьерах. Кроме того, результаты работы можно использовать для разработки оптического сепаратора отечественного производства повышенной селективности анализа по сравнению с мировыми аналогами.

Ключевые слова: оптико-электронная система, фотометрический метод, оптический метод, обогащение твердых полезных ископаемых, обогатимость.

Введение. Постановка задачи

Техническое зрение представляет значительный интерес для различных сфер науки и техники – это химическое производство, пищевые технологии производства, медицина, сфера безопасности, производственная сфера и контроль качества продукции, машиностроение, и т.п. При управлении производственными процессами подобные системы инспекции интегрируются в производственный цикл и обеспечивают возможность контроля производства в реальном времени.

Успешно машинное зрение применяется рядом стран и в горнодобывающей промышленности. На сегодняшний день в связи с непрерывным истощением запасов руд твердых полезных ископаемых использование различного рода автоматизированных систем обогащения минерального сырья является неременным условием повышения эффективности его добычи.

Одним из наиболее перспективных является метод оптической сортировки (известен еще как фотометрический или колориметрический), основанный на регистрации цветовых различий в реальном времени. Этот метод применяется при

производстве алюминия, для сортировки фруктов и овощей, промышленных и других отходов и т.д. Он также используется в горнодобывающей промышленности некоторых стран мира при добыче золота, алмазов, никеля, кальцитов, полевых шпатов и других твердых полезных ископаемых [1–3] и является методом предварительной концентрации или обогащения руд. Типовая схема функционирования, поясняющая работу оптического метода сортировки, показана на рис. 1.

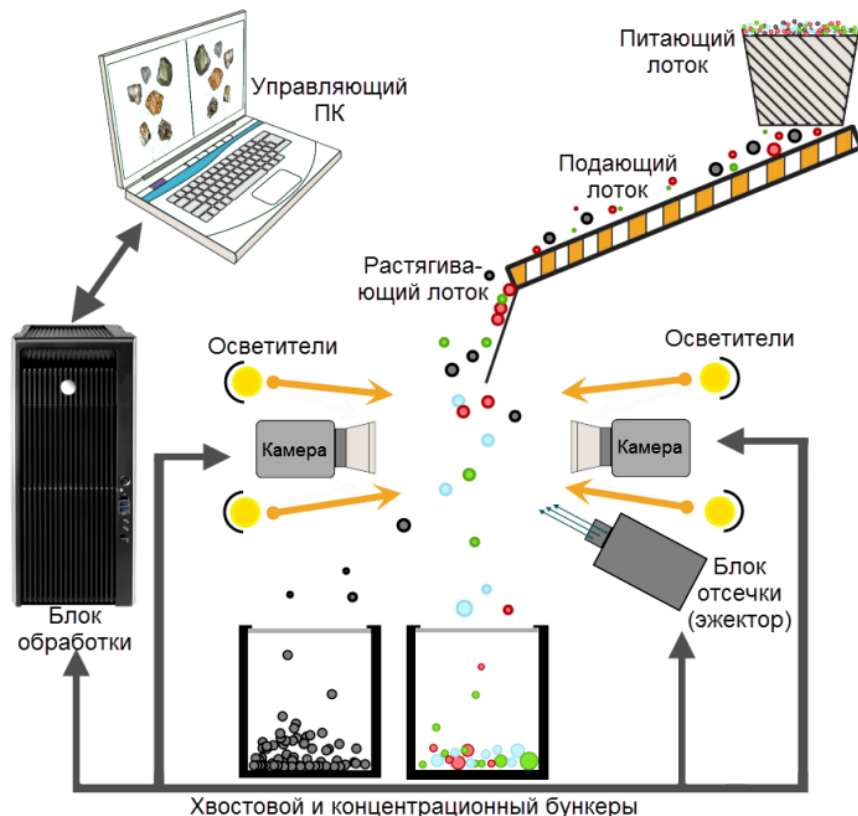


Рис. 1. К пояснению работы оптического метода сортировки

Сырье по лоткам поступает в зону анализа, освещенную специальными осветителями, с помощью высокоскоростных камер получают изображение, и на основании данных о цвете и других селективных признаках принимается решение об отделении полезного компонента от «пустой» руды в концентрационный бункер.

На рынке обогащательного оборудования в настоящее время наиболее широко представлены оптические сортировщики немецких фирм «ALUD GmbH» (сепараторы «Gemstar»), «Mogensen GmbH/Allgaier-Group» (сепараторы «MikroSort»), «Tomra Sorting Solutions» (сепараторы «UltraSort») и др., которые, по заявлениям их производителей, используют современные видеотехнологии и помехоустойчивые алгоритмы контроля цветовых характеристик 3D-объектов и являются адаптивными к особенностям обрабатываемого материала.

Но результаты анализа, полученные на подобном оборудовании, нельзя считать объективными. Это объясняется тем, что в подобном оборудовании осуществляется не анализ цвета минералов как присущих им характеристик, а измерение некоторых цветовых координат их изображений в цветовом пространстве (RGB, YUV, HSL и др.).

Известно [4], что в сепараторах «Optosort» в качестве базовой модели описания цвета используется система RGB, не являющаяся, в силу своей неравномерности, объективной с точки зрения анализа цвета [5]. То же самое можно сказать и о сепараторах «Commodas», использующих систему YUV, которая также отличается неравномерностью представления цвета. Также, в сепараторах фирмы Elektromagnetbau GmbH используется модель HSV/HSL.

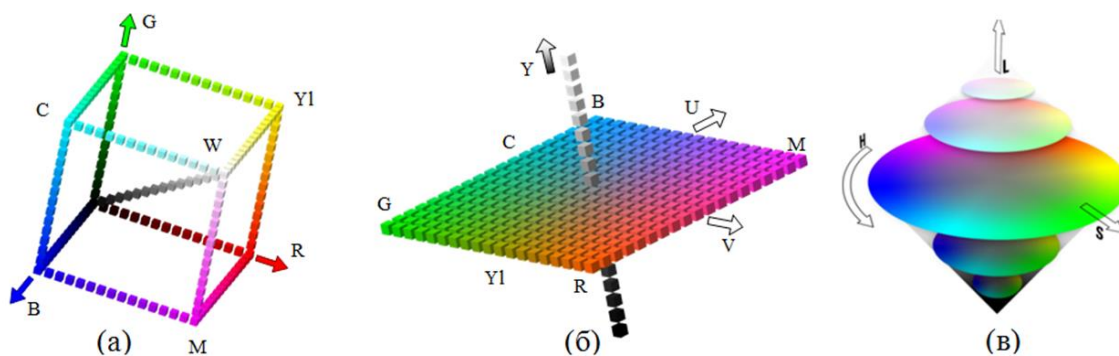


Рис. 2. Модели описания цвета: RGB (а); YUV (б); HSL (в)

На рис. 2, а, указаны направления для системы RGB: R – красный, G – зеленый, В – синий, С – голубой, М – малиновый, YI – желтый, W – белый. Также для системы YUV (рис. 2, б) указаны направления: R – красный, G – зеленый, В – синий, С – голубой, М – малиновый и YI – желтый. Для системы HSL (рис. 2, в) обозначены направления изменения каналов: цветового тона H, светлоты L и насыщенности S.

Помимо этого, до сих пор не существует критериев, на основании которых возможно осуществлять хотя бы предварительный выбор в пользу того или иного производителя обогатительного оборудования данного типа без проведения испытаний. Это при условии, что сегодняшняя стоимость типовых оптических сортировщиков (ширина лотка 1,2 м; производительность 150 тонн/час) составляет около 900 000 €.

В силу указанных недостатков метод оптической сепарации сегодня не является «прозрачным», понятным для потенциального пользователя/заказчика. Его эффективность (даже при использовании существующего обогатительного оборудования) занижена, а границы применимости даже в области обогащения твердых полезных ископаемых сужаются. Также, по мнению автора, одной из ключевых причин невысокой селективности оптических сепараторов является непонимание как их производителями, так и потребителями влияния используемого цветового пространства на итоговую эффективность процесса обогащения [6]. В разрабатываемой аналитической системе акцент делается на использование сразу трех цветовых моделей RGB, YUV, HSL, все эти системы используются в оптических сортировщиках, но не все они объективны с точки зрения анализа цвета.

Предлагаемое решение

На основании указанных ограничений оптического метода и отсутствия аналитических систем для оценки возможности и эффективности оптической сепарации, актуальным является разработка методики (способа) предварительной оценки степени обогатимости минерального сырья оптическим методом (ОСМС) с тем, чтобы предварительно оценить возможность и эффективность оптической сепарации при различных рабочих условиях (выбор цветовой модели, характер освещения и т.п.). Также следует уделить внимание сравнительному анализу результатов, полученных с помощью этой методики при использовании различных цветовых моделей на разрабатываемом исследовательском макете оптико-электронной системы для оценки степени обогатимости минерального сырья (ОЭС ОСМС).

Предлагаемая методика предварительной ОСМС, с учетом рассмотренных цветовых моделей описания цвета, включает следующие этапы.

Этап 1. Анализ полезности и ввод данных о пробе. Изначально оператором-специалистом определяется полезность и зоны различения каждого минерального объекта представительной рудной пробы, а полученные результаты записываются в базу данных блока обработки.

Этап 2. Получение изображений. Минеральные объекты анализируемой рудной пробы поочередно размещаются в зоне анализа, производится их съемка, в результате которой получают цветные изображения двух и более сторон каждого минерального объекта. Затем для каждого цветного изображения выделяется три 2D-массива целых чисел в цветовом пространстве RGB, YUV, HSL. Каждый из них соответствует своему каналу в изображении (канал красного, зеленого, синего для RGB; оттенок, светлота, насыщенность для HSL и т.д.).

Этап 3. Преобразование изображений из RGB в YUV и HSL и цветокоррекция изображений по фону. Исходные массивы преобразуются в цветовое пространство HSL, YUV, после чего осуществляется цветокоррекция по фону каждого из трех преобразованных массивов путем сравнения значений цветовых координат каждого элемента соответствующего массива с априорно известными значениями соответствующих цветовых координат изображения зоны анализа (изображения фона без образца). Для несовпадающих по цветовой координате элементов производится выравнивание цветовых координат, получают совокупности откорректированных RGB-, YUV- и HSL-массивов.

Этап 4. Нахождение зон полезности на изображениях в соответствии с расчетными порогами различения. В каждой из трех полученных совокупностей откорректированных RGB-, HSL-, YUV-массивов для каждого минерального объекта из партии образцов определяются пороги различения цветовых оттенков и по ним находятся зоны полезности на изображениях каждой стороны каждого минерального объекта, и определяются их суммарные площади для всех минеральных объектов. Для объектов, признанных полезными, находятся пороги разделения минералов из партии образцов.

Этап 5. Оценка степени обогатимости минеральной пробы оптическим методом. На данном этапе производится оценка степени обогатимости по формуле:

$$E = \frac{S_g - S_{cg}}{S_0 - S_{gg}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где S_0 – суммарная площадь всех изображений минеральных образцов партии; S_g – суммарная площадь всех изображений полезных минеральных объектов партии; S_{cg} – суммарная площадь всех зон полезности изображений полезных минеральных объектов партии; S_{gg} – суммарная площадь зон полезности изображений минеральных образцов партии.

Предложенная методика ОСМС основана на результатах обработки цветных изображений образцов представительной пробы. Она учитывает набор возможных условий проведения анализа (например, для ряда источников освещения: белых светодиодов, люминесцентных ламп, галогенных ламп и т.п.). При ее использовании возможна предварительная оценка степени обогатимости минерального сырья за счет анализа цветовых параметров каждого минерального образца.

Для проверки методики ОСМС на основе разработанных принципов построения реализована физическая модель лабораторного макета ОЭС ОСМС (рис. 3, а).

Для оценки функциональности разработанного макета и проверки эффективности предложенной методики ОСМС проанализирована проба кварцитов месторождения «Эльмусская площадь», представленная 20-ю образцами класса крупности –100+50 мм. Внешний вид наиболее характерных образцов показан на рис. 3, б.



Рис. 3. Внешний вид лабораторного макета ОЭС ОСМС (а) и наиболее характерные образцы исследуемой партии кварцитов (б)

В данной пробе цветовыми оттенками, характеризующимися наличием полезных компонентов, являются бледно-зеленые, бледно-коричневые и бледно-розовые цветовые оттенки, в то время как остальные оттенки характеризуют наличие «пустой» (включающей) породы. Произведены измерения спектральных характеристик для каждого образца в 20 точках его поверхности, имеющих характерные для данной рудной пробы цветовые оттенки. По спектрофотометрическим данным рассчитаны характерные цветовые оттенки и в результате их анализа, а также особенностей представления каждого из рассмотренных цветовых пространств, определены пороги различения каждого из полезных цветовых оттенков. Все оттенки, не входящие в установленные пороги различения, автоматически причисляются к классу «пустой» породы. В оптической сортировке для разделения полезных минеральных образцов от образцов пустой несущей породы и используется относительное значение (процент) «пустых» оттенков на изображении исследуемого минерального образца.


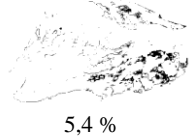
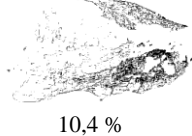
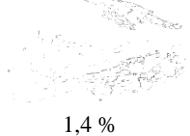
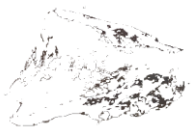


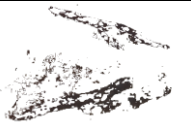



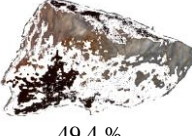

Исходное изображение	Цветовое пространство RGB	Цветовое пространство YUV	Цветовое пространство HLS
 №9	Бледно-зеленые оттенки		
	 5,4 %	 10,4 %	 1,4 %
	Бледно-розовые оттенки		
	 9,2 %	 16,3 %	 13,3 %
	Бледно-коричневые оттенки		
	 13,9 %	 23,9 %	 19,5 %
Вмещающая порода			
 71,5 %	 49,4 %	 65,8 %	

Рис. 4. Зоны, выделенные в цветовых пространствах RGB, YUV и HLS для одного из изображений минеральных образцов кварцитов

С помощью разработанного автором программного обеспечения для макета ОЭС ОСМС определены зоны цветности партии кварцитов (на рис. 4 для одного из характерных минералов), площади всех полезных участков и сторон минералов в изображениях.

Основываясь на полученных данных, определены показатели ОСМС данной пробы кварцитов месторождения «Эльмусская площадь» для ряда порогов разделения во всех рассматриваемых цветовых пространствах (таблица).

Таблица. Показатели ОСМС для исследованной пробы кварцитов

Цветовое пространство	Значения порога разделения, %				
	50	60	70	80	90
	Оценка степени обогатимости пробы, %				
RGB	30,72	39,38	43,00	52,61	89,31
YUV	38,53	48,03	59,66	72,37	95,8
HSL	13,29	44,50	47,70	56,90	97,3

По сравнительным показателям ОСМС видно, что в данном случае наиболее эффективно проводить анализ рассмотренной пробы кварцитов при помощи цветового пространства YUV, затем – HSL, а наименее эффективно – при помощи цветового пространства RGB (кроме частного случая, когда порог разделения равен 50%). Это дает первичное представление о выборе необходимого оптического сортировочного комплекса для работы с конкретным типом руды (сырья конкретного месторождения).

Заключение

Промежуточные результаты полностью соответствуют представлению свойств анализируемых объектов в цветовых пространствах RGB, YUV, HSL, рассмотренных ранее. Взаимозависимость цветовых составляющих в цветовом пространстве RGB делает его менее пригодным для эффективной классификации тонких цветовых оттенков, этим и обусловлена низкая эффективность относительно других цветовых моделей. Разделение цветовых составляющих на одну яркостную (координата Y) и две цветоразностные (координаты U, V) увеличивает эффективность использования цветового пространства YUV для реализации сепарации минерального сырья оптическим методом. Выделение цветового тона (координата H), насыщенности (координата S) и светлоты (координата L) в качестве параметров анализируемых цветовых оттенков (система HSL) приводит к получению похожих результатов.

Применительно к практике оптической сепарации важным является определение оптимального порога разделения для руды/партии конкретного месторождения, поскольку порог должен выбираться исходя из соответствия действительному минералогическому описанию партии. Что касается исследуемого материала, то данная партия кварцитов не является представительной пробой месторождения. Исследуемая проба содержала лишь 20 минеральных образцов, однако каждый образец снимался на камеру с двух сторон. Очевидно, что чем больше количество образцов анализируемой рудной пробы, тем точнее показатели порогов разделения (которые и используются всеми оптическими сепараторами). Помимо этого, использовались линейные пороги рабочих диапазонов различения. Возможно, при использовании нелинейных порогов различения эффективность применения рассмотренных цветовых пространств увеличится.

Литература

1. Никулин А.И., Романчук А.И., Павлова Н.Н. и др. Технология переработки золотосодержащих руд месторождения Сухой Лог с предварительной крупнокусковой фотометрической сепарацией // Руды и металлы. – 2009. – № 2. – С. 68–77.
2. Обзор алмазодобывающей отрасли России // ADVISERS.RU: официальный сайт информационно-аналитического агентства «Advisers». – 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.advisers.ru/file/advisers/almaz.pdf>, своб.
3. Harbeck H. Optoelectronic Separation in Feldspar Processing at Maffei Sarda // Aufbereitungs Technik. – 2001. – V. 42. – № 9. – P. 438–444.
4. Кобзев А.С., Брылов Д.С., Пичугин А.Н., Тихвинский А.В. Применение фотометрической сортировки при переработке промышленных и бытовых отходов // Экологические проблемы индустриальных мегаполисов. Труды IV Международной научно-практической конференции. – 2007. – С. 56–59.
5. Юстова Е.Н. Цветовые измерения (Колориметрия). – СПб.: Изд-во СПбГУ. – 2000. – 397 с.
6. Alekhin A.A., Chertov A.N., Gorbunova E.V., Petukhova D.B. Optical-electronic system for express analysis of mineral raw materials dressability by color sorting method // Proceedings of SPIE. – 2013. – V. 8791. – P. 87911N.

УДК 338

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАДРОВОГО ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ОРГАНИЗАЦИИ

А.А. Антонов

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

В работе рассматривается методика оценки кадрового инновационного потенциала организации, состоящая из трех блоков. Автор утверждает, что для каждой конкретной организации необходимо составить индивидуальный набор показателей, которые позволят охарактеризовать ее инновационный потенциал. Оценка выстраивается на сравнении ряда показателей. Методика оценки основывается на тестах, поэтому является универсальной и малозатратной. После получения результатов методики можно условно распределить сотрудников по группам персонала инновационной организации в соответствии с уровнем их инновационного потенциала.

Ключевые слова: инновационный потенциал, человеческие ресурсы, менеджмент инноваций.

Постановка задачи

Готовность и способность той или иной организации осуществить впервые и воспроизвести (воспринять) нововведение характеризуют его инновационный потенциал. Инновационный потенциал – совокупность различных видов ресурсов, включая материально-производственные, финансовые, интеллектуальные, научно-технические и иные ресурсы, необходимые для осуществления инновационной деятельности [1].

Трактовка термина «инновационный потенциал» неоднозначна, различные авторы делают упор на различные аспекты этого показателя: ресурсное обеспечение, финансово-экономические и организационно-технические сферы деятельности организации. Однако в меньшей мере данные определения характеризуют такую составляющую инновационного потенциала как кадровую. Учитывая состояние современной экономики, которая стремится к

информационно-интеллектуальной структуре, стоит отметить, что упускать данный аспект было бы неверно. Основным фактором формирования и развития инновационной экономики является человеческий капитал, что говорит о необходимости более детально изучить влияние кадрового потенциала на общий инновационный потенциал организации.

В научной литературе представлено большое количество методик по оценке инновационного потенциала. Анализ изученных методик выявил, что в большей степени изучаются финансово-ресурсные и технологические составляющие инновационного потенциала [2]. Кадровый потенциал анализируется в основном с позиций общей трудоемкости и других экономических характеристик персонала. В меньшей степени внимание уделяется культурному потенциалу и личностным характеристикам сотрудников.

Говоря об оценке инновационного потенциала необходимо учитывать следующее:

1. обобщающую оценку инновационного потенциала можно назвать всеохватывающей, а также многоступенчатой. Она выстраивается на основе данных, которые отображают индивидуальную направленность каждой отдельной организации, ее области деятельности, охвата производства и тому подобное. Следовательно, для любой организации нужно составить индивидуальный набор данных и показателей, которые позволят охарактеризовать инновационный потенциал предприятия;
2. нельзя свести оценку инновационного потенциала всего к одному абсолютному показателю. Эта оценка выстраивается на сравнении ряда показателей организации, с соответствующими особенностями инновационного потенциала лидирующего предприятия, главных конкурентов, а также со средними по отрасли.

В литературе представлены различные структуры инновационного потенциала, однако ни в одной из них не находят отражение психологические индивидуальные характеристики персонала, что на наш взгляд, в современном состоянии экономики является существенным упущением [3].

Основной результат

Предлагаемая авторами методика оценки кадрового инновационного потенциала может применяться как при приеме на работу новых сотрудников, так и для оценки уровня инновационного кадрового потенциала уже имеющих сотрудников.

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.

Затем в виде представленной методики оцениваются личностные качества другого уровня для более детального и глубокого понимания природы сотрудника. 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. Эти характеристики достаточно просто проанализировать. 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.

Первый блок в совокупности будет оцениваться в 15 баллов. Он состоит из нескольких элементов (рис. 1). 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, по мнению авторов.

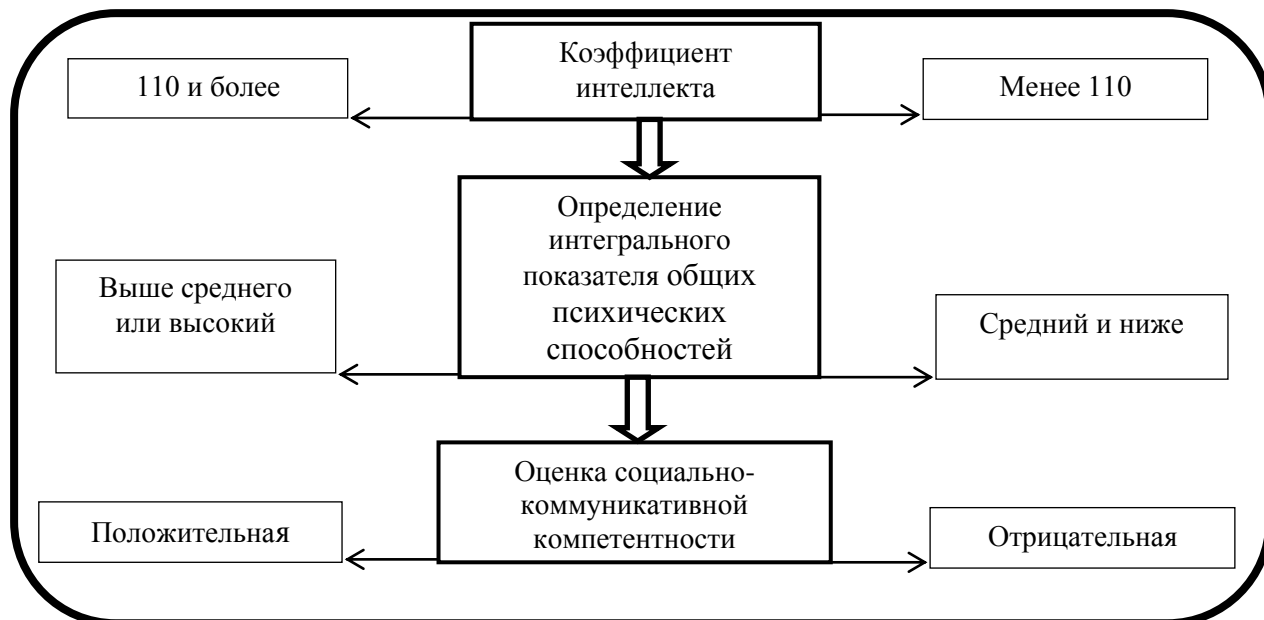


Рис. 1. Первый блок оценки кадрового инновационного потенциала

Второй блок состоит из двух элементов (рис. 2). Элементы «Диагностика мотивационной структуры личности» и «Диагностика ценностных ориентаций в карьере» имеют вес в 5 и 4 балла соответственно. В совокупности за данный блок человек может получить максимум 9 баллов.

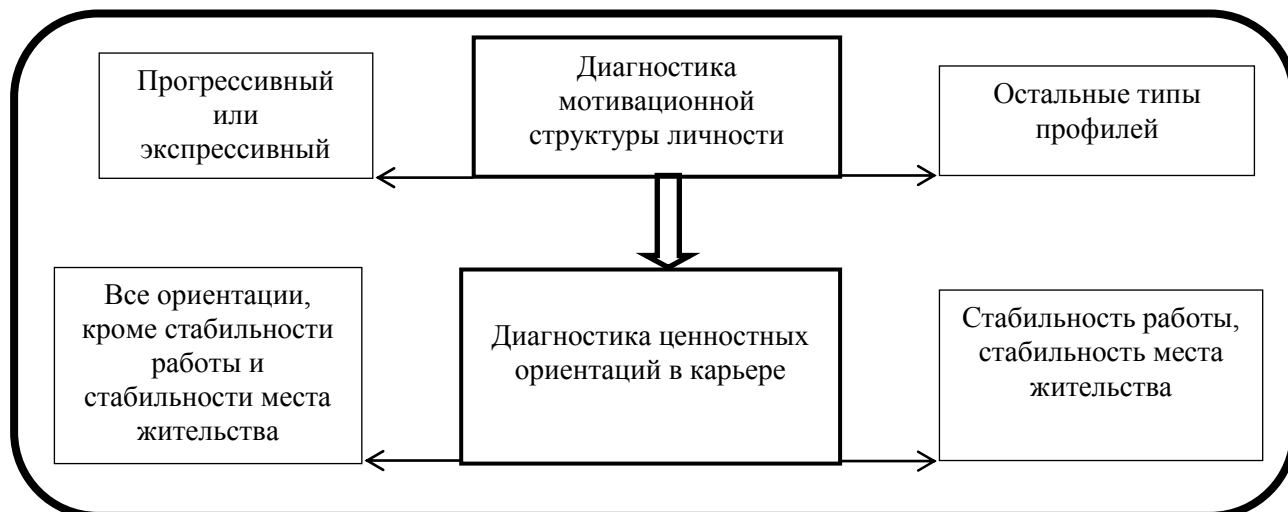


Рис. 2. Второй блок оценки кадрового инновационного потенциала

Третий блок (рис. 3), состоящий из компонентов «Диагностика коммуникативных и организаторских склонностей» и «Диагностика социальной толерантности», предполагающих максимальную оценку 3 балла. В совокупности за данный блок дается максимум 6 баллов.

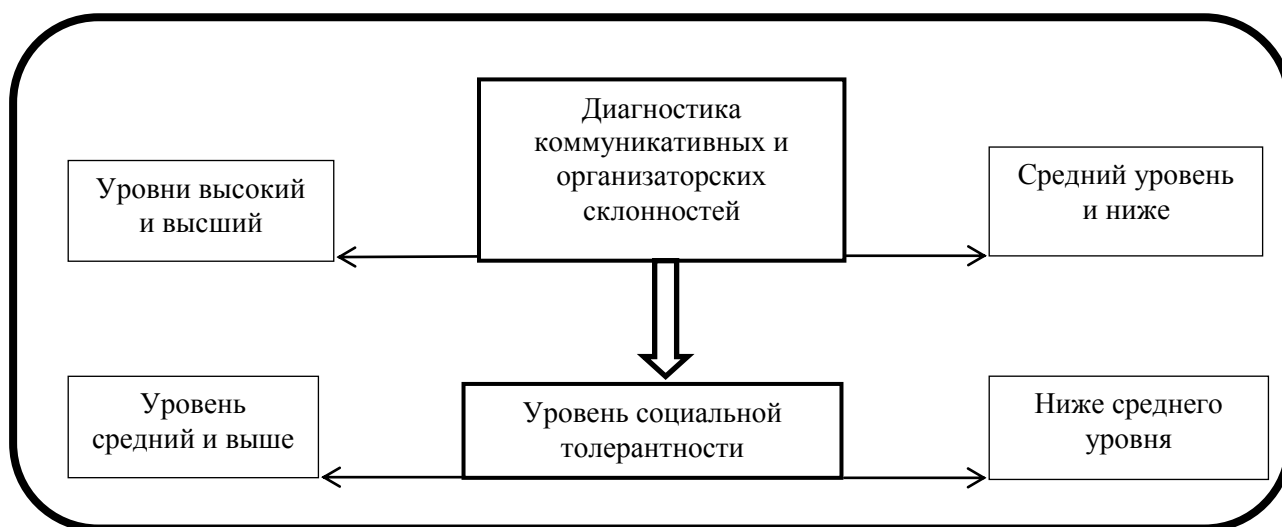


Рис. 3. Третий блок оценки кадрового инновационного потенциала

Полученные результаты по каждому блоку суммируются для определения общей оценки.

Условно кадровый инновационный потенциал можно разделить по категориям, соответствующим значениям, полученным при применении предлагаемой методики.

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

1. определение инновационного потенциала сотрудника является тест на определение коэффициента интеллекта (IQ – intelligence quotient). Коэффициент интеллекта будет определяться посредством теста Айзенка, который уже давно нашел мировое научное признание;
2. определение интегрального показателя 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. Также 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 на основе 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. 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;

4. характеризуется мотивационная структура личности, а также делается акцент 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;

5. осуществляется тестирование ценностных ориентаций 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 за 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. производится диагностика коммуникативных и организаторских склонностей, при этом достижение определенного количества баллов свидетельствует об уровне коммуникативных и организаторских склонностей. Высокий и высший уровни (13–16 и 17–20 баллов соответственно) свидетельствуют о высоком уровне инновационного потенциала. 9–12 баллов – средний уровень. Остальное относится к низкому уровню инновационного потенциала и низкому и низшему уровням 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 также может относиться к производственному персоналу, а также к научно-вспомогательному и административно-хозяйственному.

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.

Заключение

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

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

Таким образом, представленная методика дает качественную оценку кадрового инновационного потенциала организации и предполагает распределение должностей в соответствии с наличием или отсутствием определенных качеств и характеристик персонала, а также развитым или не развитым качеством или характеристикой сотрудника.

Литература

1. Нойбауэр Х. Инновационная деятельность на малых и средних предприятиях // Проблемы теории и практики управления. – 2012. – № 3. – С. 65–67.
2. Краюхин Г.А., Шайбакова Л.Ф. Закономерности и тенденции инновационных процессов. – СПб.: СПбГИЭА, 2011. – 60 с.
3. Макаренченко М.А., Антонов А.А. Кадровый инновационный потенциал в структуре инновационного потенциала организации // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». – 2014. – № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://economics.ihbt.ifmo.ru/file/article/8903.pdf>, своб.

УДК 004.25

МЕТОД МИКРОАРХИТЕКТУРНОГО АНАЛИЗА СИСТЕМ НА КРИСТАЛЛЕ

А.А. Антонов

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

В работе рассмотрена проблема измерения производительности микропроцессоров и систем-на-кристалле на уровне микроархитектуры. В работе предложен метод измерения пропускной способности и задержки компонентов кэш-подсистемы микропроцессора. По сравнению с известными методами, в рамках предложенного метода достигается селективность измерений характеристик компонентов кэш-подсистемы и осуществляется проверка соответствия реального поведения подсистемы памяти ожидаемому при постановке эксперимента. Предложенный метод может быть применен для микропроцессоров и систем-на-кристалле с множеством уровней кэш-памяти. Полученные данные могут быть использованы для низкоуровневой оптимизации программного обеспечения, поиска «узких мест» в существующих системах и совмещенного анализа программно-аппаратных систем, в том числе для выявления наихудшего времени выполнения, критичного для области встраиваемых систем.

Ключевые слова: система на кристалле, микропроцессор, микроархитектурное моделирование, кэш-память.

Введение

Микропроцессоры (МП) и системы на кристалле (СнК) являются неотъемлемыми компонентами сложных современных вычислительных систем. Проектирование МП и СнК в целом является нетривиальной задачей [1]. Во-первых, в силу многоплановости возможных требований к целевым системам: производительность, энергопотребление, стоимость, надежность, реальное время; и, во-вторых, многообразия технических решений разного уровня, которые могут быть применены в различных комбинациях и в различном объеме: внедрение параллелизма, схем предсказания, асимметричных вычислений, многоуровневой виртуализации и т.д. Многоплановость требований и проектных решений усложняет постановку, формализацию и типизацию процесса проектирования, что затрудняет автоматизированную обработку проектных решений.

Анализ и оценка характеристик вычислительных систем являются предметами повышенного интереса как со стороны научного сообщества, так и индустрии, и является, наряду с измерениями энергопотребления, тепловыделения и надежности, основами исследования и развития вычислительных архитектур [2]. Разработка методов и средств моделирования функционирования вычислительных систем и их подсистем на уровне внутренней организации, микроархитектуры, актуально для повышения автоматизации анализа и синтеза связанных проектных решений: оптимизации программного обеспечения (ПО), сравнения и поиска «узких мест» в существующих микроархитектурах, прогнозирования качества работы целевых приложений.

Обзор и критика известных решений

Тема микроархитектурного моделирования была затронута во множестве исследований. Приведем некоторые примеры.

В работе [3] предложен метод выявления «узких мест» и оптимизации микроархитектуры процессоров. Данная задача является нетривиальной, прежде всего из-за того, что в сложных современных процессорах множество процессов идет параллельно. В работе предложен метод классификации отношений между событиями в плане полезности индивидуальной оптимизации – отсутствие взаимосвязи между событиями (оптимизация, связанная с одним событием, не влияет на производительность другого процесса, ассоциированного с другим событием), параллельная взаимосвязь (имеет смысл оптимизировать оба процесса) и последовательная взаимосвязь (оптимизация любого из процессов даст прирост в производительности системы). Модель вычислительного процесса, сформированная на этих принципах, позволяет отследить то, какие именно оптимизации позволят увеличить системную производительность.

Другим примером анализа вычислительной системы на уровне микроархитектуры является [4]. С помощью представленного инструмента VLAP (Block-Level Architecture Profiler), позволяющего производить профилирование ПО на уровне базовых блоков, авторы спроектировали улучшенную версию контроллера памяти, увеличившую производительность вычислительной системы на 3,9%.

Применительно к специализированным вычислительным системам, микроархитектурное моделирование можно использовать для того, чтобы определить качество работы конкретного ПО на конкретной платформе. Примером применения, для которого микроархитектурный анализ является критически важным, является обеспечение реального времени во встраиваемых системах [5, 6].

Актуальной проблемой в рамках микроархитектурного анализа МП и СнК является разработка способа селективных измерений пропускной способности и задержки отдельных функциональных компонентов и блоков (например, блоков адресуемой внутрикристалльной памяти, кэш-памяти, буфера ассоциативной трансляции). Измерение характеристик компонентов, для которых отсутствуют средства прямого управления (например, кэш-памяти) является нетривиальным. Примерами технологий, нацеленных на решение данной задачи, являются X-Ray [7], LMBench [8], BenchIT [9]. Однако анализ этих технологий показывает, что ни одна из них не обеспечивает одновременно выборочную работу исключительно с заданным (исследуемым) уровнем кэш-памяти и верификацию корректности эксперимента, т.е. соответствия количества обращений, подразумеваемого при создании теста, и количества реальных обращений к исследуемому узлу.

Предлагаемый метод

Для решения проблемы верификации соответствия реального процесса в вычислительной системе с представляемым, автором предлагается метод селективного измерения характеристик компонентов подсистемы памяти. Применение метода демонстрирует алгоритм на рис. 1.

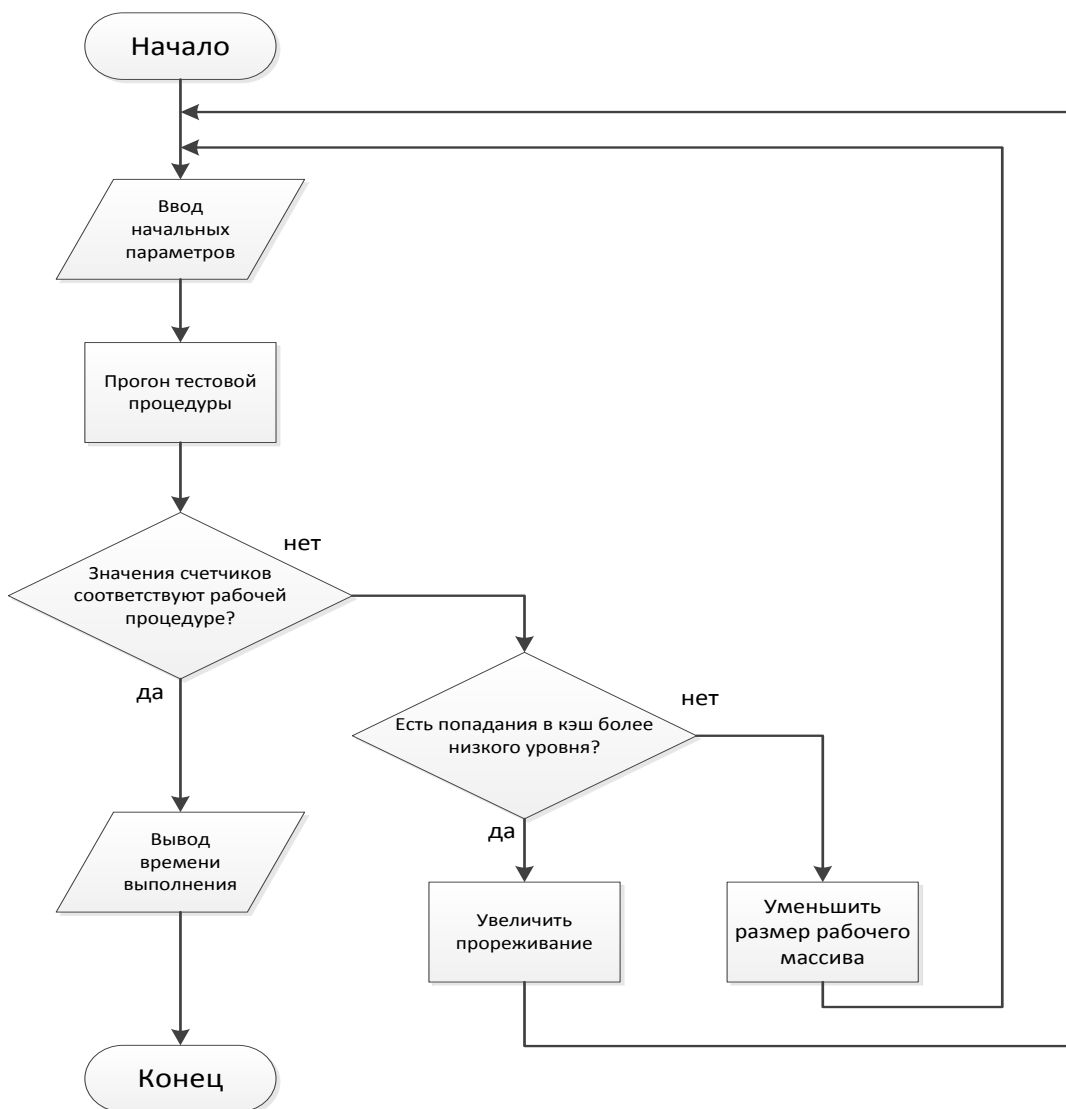


Рис. 1. Обобщенный алгоритм измерений, используемый в рамках метода

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

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

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

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

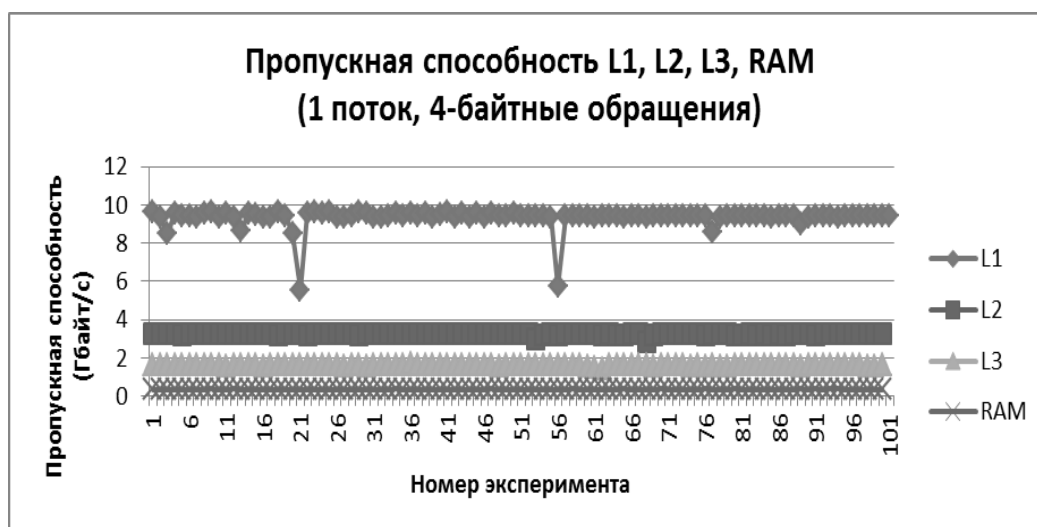


Рис. 2. Результаты измерений пропускной способности кэшей L1, L2, L3 и RAM

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

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

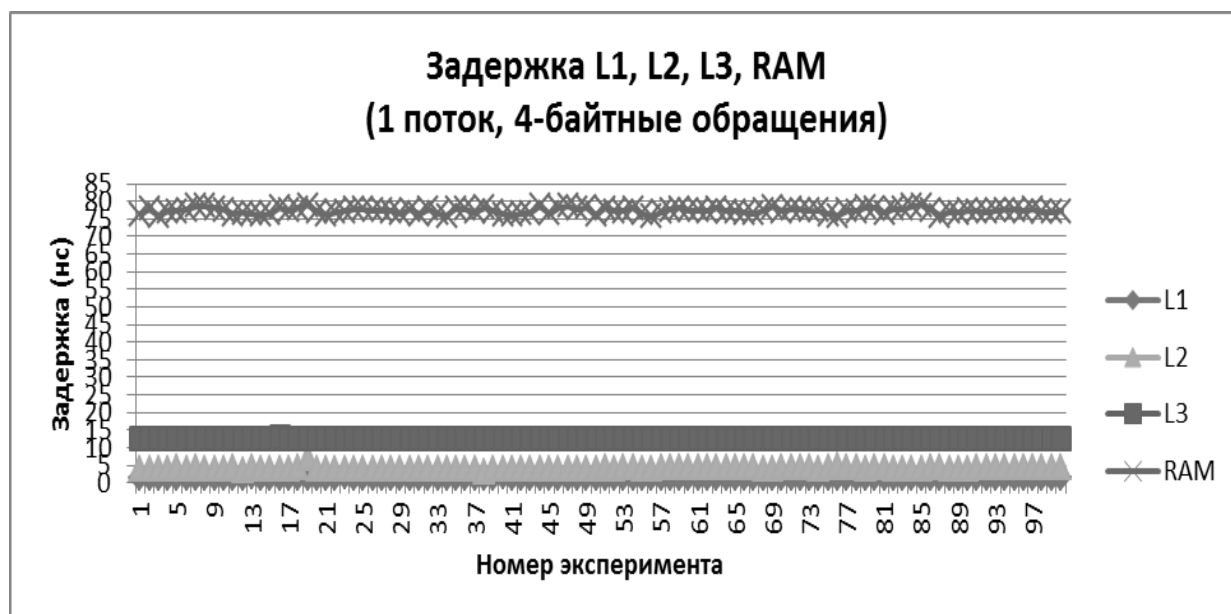


Рис. 3. Результаты измерений задержки кэшей L1, L2, L3 и RAM

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

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

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

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

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

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

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

Таблица 4. Коэффициент вариации измерений пропускной способности компонентов памяти

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

Таблица 5. Коэффициент вариации измерений задержки компонентов памяти

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

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

Заключение

Предложенный метод позволяет достичь селективности измерений характеристик компонентов кэш-подсистемы, осуществить проверку соответствия реального поведения подсистемы памяти ожидаемому при постановке эксперимента.

Исследование планируется продолжить. Основными направлениями будущих исследований являются: развитие методов измерений характеристик компонентов иерархии памяти, поиск альтернативных метрик для оценки вычислительных систем на микроархитектурном уровне, использование полученных данных при проектировании адаптируемого программного обеспечения.

Литература

1. Keating M. The Simple Art of SoC Design: Closing the Gap between RTL and ESL. – Springer. 2011. – 251 p.
2. Eeckhout L. Computer Architecture Performance Evaluation Methods // Synth. Lect. Comput. Archit. – 2010. – V. 5. – № 1. – P. 1–145.
3. Fields B.A. et al. Using interaction costs for microarchitectural bottleneck analysis // 22nd Digit. Avion. Syst. Conf. Proc. (Cat. No.03CH37449). IEEE Comput. Soc. – 2003. – P. 228–239.
4. Moreira F.B. et al. Profiling and Optimizing Micro-Architecture Bottlenecks on the Hardware Level // SBAC-PAD'14 Proc. 2014 IEEE 26th Int. Symp. Comput. Archit. High Perform. Comput. – 2014. – P. 222–229.
5. Li Y.-T.S., Malik S., Wolfe A. Efficient microarchitecture modeling and path analysis for real-time software // Proc. 16th IEEE Real-Time Syst. Symp. IEEE Comput. Soc. Press. – 1995. – P. 298–307.
6. Xianfeng L.I. Microarchitecture Modeling for Timing Analysis of Embedded Software. A Thesis Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy. 2005. – 157 p.
7. Yotov K., Pingali K., Stodghill P. Automatic measurement of memory hierarchy parameters // Proc. 2005 ACM SIGMETRICS Int. Conf. Meas. Model. Comput. Syst. - SIGMETRICS'05. New York, New York, USA: ACM Press. – 2005. – P. 181.
8. Maxwell M.T., Cameron K.W. Optimizing Application Performance: A Case Study Using LMBench // ACM Crossroads Student Mag. – 2002. – V. 8. – № 5. – P. 3–3.
9. Molka D., Sch R., Bridge-ep I.X.E.-S. Main Memory and Cache Performance of Intel Sandy Bridge and AMD Bulldozer Memory size // MSPC 2014. – 2014. – № 4.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ ПРИ АНАЛИЗЕ РАБОТЫ ТЕЛЕФОННОЙ СЛУЖБЫ ПОДДЕРЖКИ

П.В. Балакшин

(Университет ИТМО)

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.Ю. Тропченко

(Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова)

Кратко описаны проблемы телефонных служб поддержки клиентов (call-центров) крупных компаний. Определены преимущества и недостатки применения систем распознавания речи в работе таких центров. На примере показаны преимущества использования предлагаемой модели.

Ключевые слова: распознавание речи, телефонная служба поддержки, call-центр, перплексия.

Введение

Исследования в области распознавания речи стали производиться с момента появления первых компьютеров, поскольку текстовый командный интерфейс взаимодействия с ЭВМ не обладал приемлемой скоростью и естественностью работы. Более того, ученые продолжают искать новые параметры исходных данных, новые методы, всевозможные ограничения и объединения, позволяющие повысить точность и другие показатели распознавания речи. Действительно, ведь речь – это наиболее натуральная, удобная, эффективная и экономичная форма человеческого взаимодействия.

Актуальность данных исследований подтверждается большим числом международных научно-технических конференций (Диалог, SpeCom, Interspeech), крупными программно-техническими разработками (например, Dragon Naturally Speaking, речевой поиск Google).

Несколько лет назад автоматическое распознавание речи нашло применение в достаточно новой для России области: в работе колл-центров (англ. call center) – телефонных служб поддержки клиентов. В настоящее время ряд колл-центров всерьез рассматривают возможность частичной замены операторов на некие технические устройства, способные распознавать речь, обрабатывать ее и выдавать осмысленный и необходимый ответ клиенту [1]. Целью работы являлось исследование возможностей использования систем автоматического распознавания речи при анализе работы колл-центров.

Модель системы распознавания

Следует подчеркнуть, что общение оператора телефонной службы поддержки и клиента происходит в виде живой беседы. Следовательно, распознавание речи должно происходить если не в реальном, то в квазиреальном масштабе времени. Преимуществами использования систем распознавания речи в телефонных службах поддержки являются [2–5]:

1. существенное снижение времени ожидания (англ. handle time), что позволит снизить затраты на работу;
2. сокращение времени звонка в 1,5–2 раза за счет сокращения времени ввода информации оператором;
3. возможность автоматического ответа на простые вопросы, освобождая время работы операторов для работы со сложными звонками;
4. возможность замены сложной и допускающей частые ошибки IVR-системы (англ. Interactive Voice Response), работающей в тональном режиме;

5. возможность использовать распознавание речи в качестве дополнительного источника информации не только при разговоре, но и при дальнейшем анализе работы call-центра. В частности, данный анализ помогает повысить ключевую метрику FCR (англ. First Call Resolution) – разрешение проблемы (вопроса) за один звонок. Это приводит к снижению числа повторных звонков и повышению удовлетворенности клиентов одновременно, что, в свою очередь, приводит к снижению операционных расходов.

К основным недостаткам использования систем распознавания речи следует отнести:

1. невозможность распознавания с точностью 100% из-за большого числа различных особенностей произношения, таких как диалект, дефекты речи, эмоции, и ассоциативным восприятием речи человеком;
2. очень большая начальная стоимость внедрения системы распознавания речи.

Предлагаемая нами модель системы распознавания речи [6] включает в себя блок обратной связи на изменение размера речевого словаря после обработки полученной информации (рисунок).

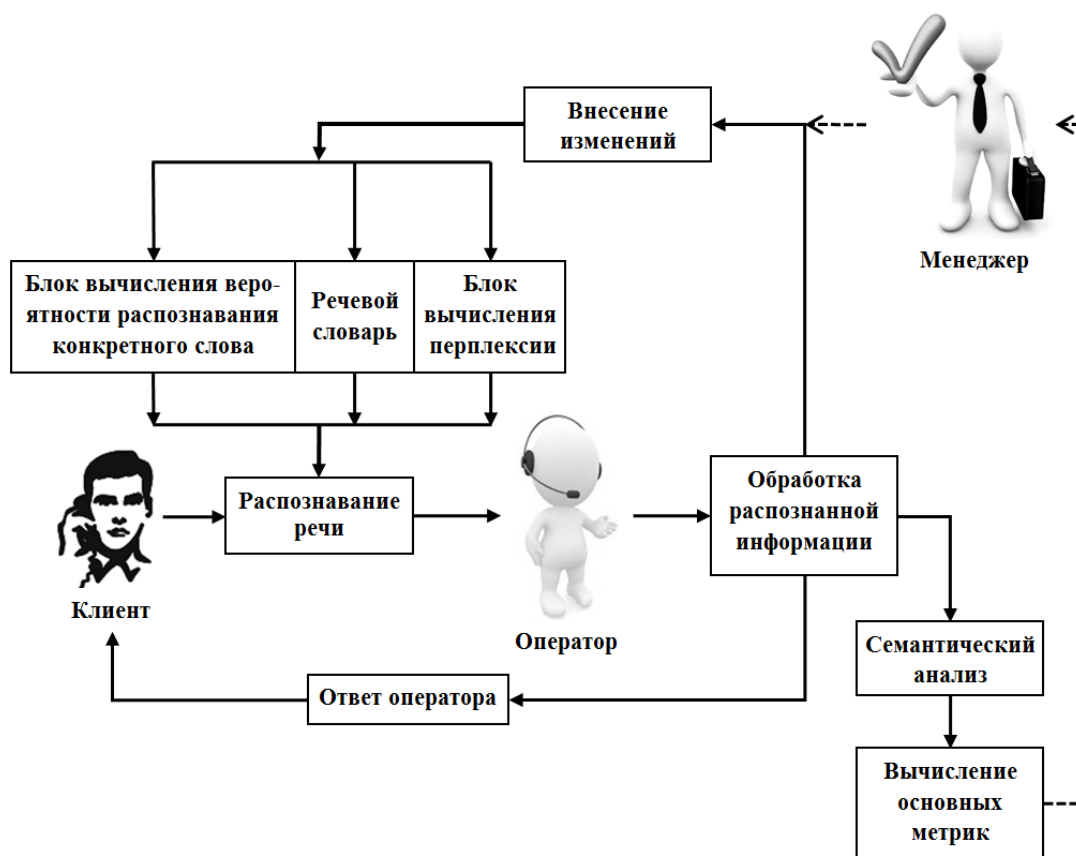


Рисунок. Модель системы распознавания речи

Отметим, что с одной стороны, меньший словарь обеспечит более высокую скорость распознавания. С другой стороны, существует вероятность распознать редкий вопрос с очень плохой точностью. По этой причине данный параметр, а именно, размер речевого словаря системы распознавания, очень важен: от него зависит скорость вовлечения распознавания речи в работу телефонной службы поддержки.

В рамках проведенных нами исследований по предлагаемой модели [7] было определено, что для русского языка словарь размером 2500 слов является достаточным для покрытия более 95% информации усредненной предметной области. Таким образом, не менее 95% информации будет распознаваться с точностью, присущей используемой модели. Но учитывая, что русский язык является флективным языком,

данный размер может быть увеличен в пять-семь раз для покрытия всего существующего в языке числа словоформ.

В итоге, возможность модификации размера речевого словаря внутри самой системы в режиме реального (квазиреального) времени становится преимуществом использования распознавания речи. Особенно очевидно данное преимущество в работе телефонных служб поддержки, так как каждая из них имеет строго конкретизированную предметную область [6].

Особенности вычисления и использования перплексии

Выделим еще одну важную особенность предложенной модели. Авторами предложено учитывать в модели связность слов, или так называемую перплексию. Связность учитывает число слов, которые логически могут встретиться после данного слова. Именно связность повышает точность распознавания речи, поскольку вопросы, задаваемые пользователями, имеют достаточно четкий синтаксис, что особенно ярко выражено в английском языке. Также перплексия помогает учитывать психо-эмоциональное состояние звонящего клиента, ведь его речь будет содержать еще меньшее число слов [8].

Для этого нами выделен специальный блок вычисления перплексии (рисунок), который используется во время распознавания, и в который с помощью блока обратной связи вносятся изменения по результатам обработки распознаваемой информации

Перплексия вычислялась по формуле [9]:

$$PPL = 2^{\sum_{i=1}^N \frac{1}{N} \log_2 q(x_i)},$$

где N – число состояний модели q ; x_i – состояние модели.

Чем меньше значение перплексии, тем лучше модель предсказывает следующее слово.

Рассмотрим на примере особенности применения связности слов. Компания ОАО «Системные решения» (Москва) является системным интегратором, т.е. область их деятельности – все этапы сдачи объекта «под ключ»: начиная от проектирования объекта, создания спецификаций, закупки оборудования и заканчивая настройкой программного обеспечения в сданных объектах, обучения персонала и постгарантийного обслуживания.

В работе телефонного центра поддержки компании «Системные решения» принимают участие 13 операторов. Безусловно, большая часть их работы связана с общими вопросами (такими как уточнение сферы деятельности компании), вопросами о гарантии и первичными вопросами проектирования. Более сложные и конкретные вопросы переводятся на соответствующих менеджеров, например, менеджеров по закупке. Однако даже такой небольшой телефонный центр поддержки позволяет снизить нагрузку на узкоспециализированных специалистов.

Внедрение систем автоматического распознавания речи позволит повысить эффективность работы компании в целом и данного отдела в частности по ряду причин.

1. Как было отмечено ранее, такая система позволит более тщательно контролировать работу телефонного центра поддержки, что, безусловно, скажется на удовлетворенности клиентов работой компании.
2. Поскольку в предлагаемой модели используется связность слов в предложении, то это позволит точнее записывать, лучше обрабатывать и анализировать запросы клиентов.
3. Дополнительным преимуществом связности слов (перплексии) является возможность сокращения числа дополнительных и повторных звонков. Рассмотрим на примере звонок с вопросом о покупке расходных материалов. Проведенный нами эксперимент показывает, что в большинстве случаев (74 % исследуемых звонков) последовательность вопросов будет прогнозируема (таблица). Таким образом, зная

последовательность вопросов, оператор сможет не только отвечать на вопросы, но и задавать уточняющие вопросы. Это поможет избежать повторных звонков и снизит нагрузку на работу отдела.

Таблица. Наиболее вероятная последовательность вопросов

№	Специфика вопроса	Пример
1	Тип материала	Картридж
2	Уточнение	Для принтера
3	Модель	Canon 6120
4	Характеристика	Цветной, оригинальный
5	Цена	1200 рублей/шт.
6	Сроки поставки	3–4 недели
7	Гарантия	Только от производителя
8	Дополнительные скидки или специальные условия	3% при заказе более 1000 штук

Заключение

В работе показано, что применение компьютерных систем распознавания речи, основанных на модели с модификацией словаря, и дальнейший анализ полученной информации позволят повысить производительность телефонных служб поддержки и снизить затраты на их работу.

Литература

1. Хижинский Д. Распознавание речи взорвет рынок call-центров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cnews.ru/reviews/index.shtml?2007/05/22/251191>, своб.
2. Contact centres rate call efficiency over customer service [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.callcentrehelper.com/contact-centres-rate-call-efficiency-over-customer-service-9921.htm#more-9921>, своб.
3. How is speech recognition applied in call centers? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.glocal.com/voice-recognition/speech-recognition-in-call-centers.html>, своб.
4. Feldon B. The top five uses of speech recognition technology [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.callcentrehelper.com/the-top-five-uses-of-speech-recognition-technology-1536.htm>, своб.
5. Advanced in Speech Recognition. Mobile Environments, Call Centers and Clinics // Neustein A. (Ed.). Springer Science. – 2010. – 370 p.
6. Балакшин П.В., Петров Г.Ю. Некоторые аспекты исследования систем распознавания речи в телефонных службах поддержки // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – № 1(77). – С. 71–76.
7. Балакшин П.В., Тропченко А.Ю. Выбор размера словаря при реализации тестовой системы распознавания речи // Материалы Всероссийской научно-технической конференции. – 2009. – С. 51–54.
8. Сидоров К.В., Ребрун И.А., Кожевников Д.Д., Собоотницкий И.С. Диагностика психофизиологического и эмоционального состояния человека-оператора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1480>, своб.
9. Call Centre Monitoring [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.callcentrehelper.com/call_centre_monitoring.htm, своб.

МИКРОПОЛОСКОВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ВОЛНОВОДЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ КОМБИНАЦИЕЙ РЕАКТИВНО-ИОННОГО ТРАВЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНОГО КЛАДДИНГА И ФОТОРЕЗИСТА

В.К. Баля

Исследован метод получения микрополосковых оптических волноводов переменного сечения, предназначенных для сопряжения планарного волновода с оптоволоком, и основанный на использовании комбинированного реактивно-ионного травления полимерного кладдинга и фоторезиста. Исследовано влияние условий реактивно-ионного травления на качество полученной оптической поверхности волновода. Показана возможность формирования стыковочных расширений и микрополоскового волновода в одном техническом процессе.

Ключевые слова: полимер, волновод, волокно, реактивно-ионное травление, сопряжение.

Введение

Волноводы являются распространенным элементом чипов интегральной фотоники. Известны многочисленные способы изготовления волноводов, различающиеся используемыми физическими процессами, оборудованием и возможностями по управлению формой получаемых микроканальных волноводов. В последнее время в качестве материала интегрально-оптических чипов широко используются полимеры, поэтому элементы на их основе выходят на первый план современной интегральной оптики.

Важной задачей является сопряжение волновода с оптоволоком, обеспечивающим передачу света на большие расстояния. Поскольку апертуры микрополоскового волновода и оптоволокна различны, для минимизации потерь на сопряжение необходимо использовать дополнительные элементы, устанавливаемые между микрополоском и оптоволоком. Существует несколько решений этой задачи – применение микролинзовых систем [1], метод специальной обработки торца оптического волокна [2], формирование на торце волокна брегговской микролинзы [3] или микролинзы из фотополимеров [4], получение клинообразного расширения на торце волновода [5].

В работе [5] рассмотрен метод сопряжения, основанный на формировании расширяющейся части планарного волновода (рис. 1).

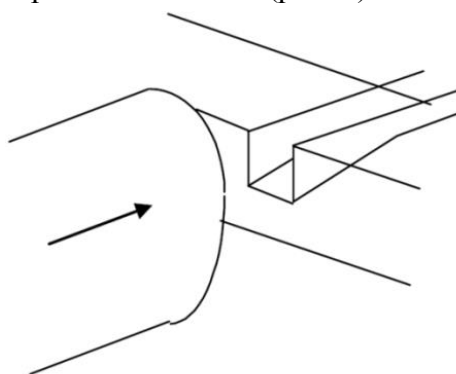


Рис. 1. Схема сопряжения оптоволокна и волновода с клинообразным расширением на торце «в стык»

Получение планарного волновода переменной высоты основывается на использовании полутонкой литографии, когда изменение экспозиции специального фоторезиста приводит к изменению толщины его слоя, оставшегося после фотополимеризации. Обычно такие методы реализуются с использованием полутонкового фотошаблона с переменной оптической плотностью, величина

экспозиции под которым тоже будет переменной. В результате экспозиции и последующей промывки, происходит формирование волновода переменной глубины. При этом микрополосковый волновод плавно расширяется, что обеспечивает равенство апертур планарного волновода и оптоволокна и минимизацию потерь при сопряжении их «в стык».

В работе исследовалось создание подобного сопрягающего элемента методом реактивно-ионного травления (RIE). В этом случае, раз метод RIE используется и для формирования микрополосковой структуры, получение согласующих элементов и микрополосков может быть выполнено в одном технологическом процессе. Кроме того, не требуется использование специального фоторезиста, позволяющего проводить полутонную литографию как в работе, указанной выше.

Структура микрополоскового волновода

В качестве базовой была принята «инверсная» структура, в которой формирование полосковых световодов нужного профиля основано на создании канавок в кладдинге и их последующей заливке активным слоем на центрифуге. Послойная структура волновода представлена на рис. 2.



Рис. 2. Схема получения микрополоскового волновода. 1 – подложка; 2 – кладдинг; 3 – позитивный фоторезист ФР 9120-1; 4 – негативный фоторезист SU-8. Этапы формирования микроканавки (а–в)

В качестве подложки использовались пластины кремния (Si). Нанесение слоев производилось на центрифуге Spin-Coater KW-4A. На подложку наносился слой кладдинга, представляющий собой адгезив Norland Optical Adhesive 73 (NOA 73), показатель преломления после отверждения $n_d=1,56$. После нанесения NOA 73 заполимеризовывался путем одновременного фото- и термовозбуждения. Микрополосковая структура волновода формировалась в кладдинге в виде микроканавок. Для этого сначала наносили слой фоторезиста ФР 9120-1 толщиной 2 мкм, далее проводилась контактная фотолитография с использованием фотошаблона с заданной шириной будущих микрополосков и их конфигурацией. Таким образом, в слое фоторезиста формировалась канавка на всю его толщину (рис. 2, а). Следующим шагом было реактивно-ионное травление в плазме Ar/O₂ с соотношением потоков 4:1 на установке RIE-1701 всей полимерной поверхности – фоторезиста и кладдинга. При этом происходило испарение поверхности в результате реакции атомарного кислорода, образующегося в зоне разряда с поверхностью полимера, ее окислением и удалением летучих продуктов реакции. В результате канавка углубляется в объем кладдинга, а фоторезист стравливается (рис. 2, б). Далее в полученную канавку заливался на центрифуге негативный фоторезист SU-8 с показателем преломления – 1,6, используемый в качестве активного слоя волновода (рис. 2, в). В результате был получен микрополосковый волновод с характерными размерами торца: ширина – 6 мкм, высота – 3 мкм. Геометрия полосковых структур исследовалась с использованием оптического микроскопа Olympus STM-6 и микроинтерферометра МИИ-4.

Получение канавок в кладдинге выполнялось методом реактивно-ионного травления. При травлении происходило одновременное травление фоторезиста ФР 9120-1 и кладдинга NOA 73 в канавке, полученной после проведения фотолитографии, при этом скорости травления этих материалов оказались существенно разными (рис. 3).

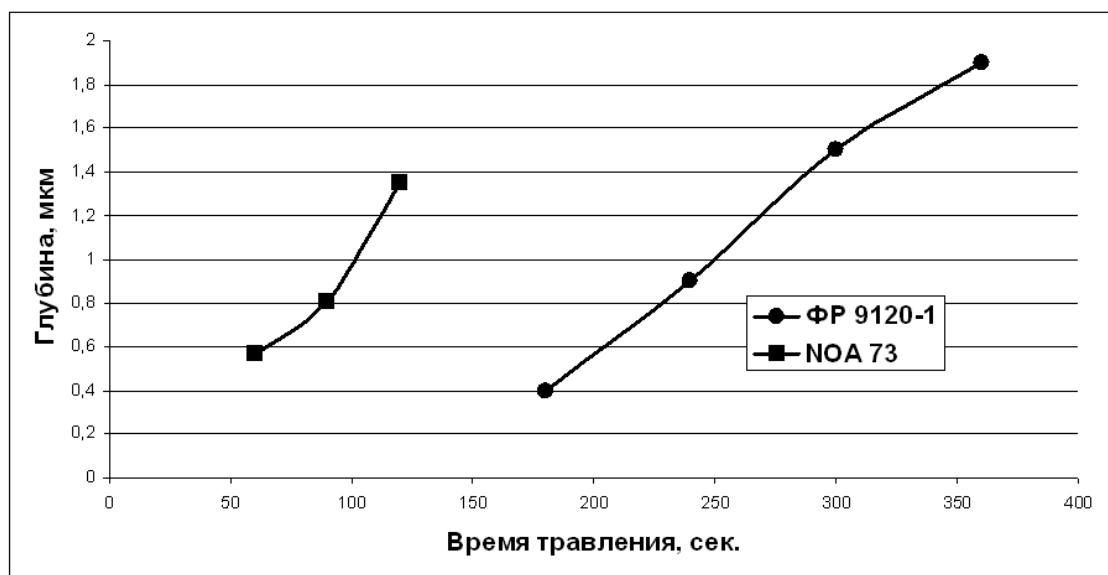


Рис. 3. Скорости травления материалов: фоторезиста ФР 9120-1 и кладдинга NOA 73 при подводимой высокочастотной мощности 300 Ватт

В соответствии с измеренными скоростями травления при стравливании слоя фоторезиста, толщиной 0,5 мкм, происходило травление кладдинга на глубину 1,5 мкм, что обеспечивало необходимую глубину канавки для получения микрополоскового оптического волновода при стравливании фоторезиста на всю толщину.

В ходе работы было обнаружено, что шероховатость поверхности канавки при травлении материала кладдинга NOA 73, которая определяет светорассеяние в волноводе, зависит от уровня подводимой сверхвысокочастотной мощности, а также теплоотвода с подложки. Также было обнаружено, что длительное реактивно-ионное травление также приводит к повышению шероховатости поверхности. В связи с этим травление проводилось в два этапа с различным временем обработки и перерывом между ними: 105 с и 60 с, при этом обеспечивалась гладкость поверхности, достаточная для формирования оптического волновода и прохождении по нему света.

Получение клинообразного элемента на торце микрополоскового волновода

Сопряжение оптического волокна с диаметром сердцевины 9 мкм с волноводом с площадью сечения 18 мкм^2 «в стык» приводит к большим потерям на одно сопряжение, потому, что площади апертур различны, и большая часть света, выходящего из оптоволокну (диаметр 9 мкм), не попадает в планарный полосковый волновод (сечение $3 \times 6 \text{ мкм}$). Как было рассмотрено ранее, одним из методов согласования является расширение микрополоскового волновода вблизи торца пластины так, чтобы его сечение совпадало с сечением оптоволокну. При этом можно проводить сопряжение с одномодовым оптоволокну обычным способом – «в стык».

Один из способов выполнения расширения волновода – плавное изменение высоты гребня от 1,5 до приблизительно 3–4 мкм, с целью увеличения сечения волновода в зоне стыковки до $5 \times 6 \text{ мкм}$. Авторами исследован способ реализации такого элемента, заключающийся в создании условий для переменной, по длине волновода, скорости реактивно-ионного травления, что может быть выполнено установкой шторки, регулирующей поток активных ионов вдоль формируемой канавки.

Реализация данного процесса, когда заданное изменение глубины канавки реализуется методом комбинации последовательности реактивно-ионного травления при использовании «шторок», регулирующих ионный поток представлено на рис. 4.

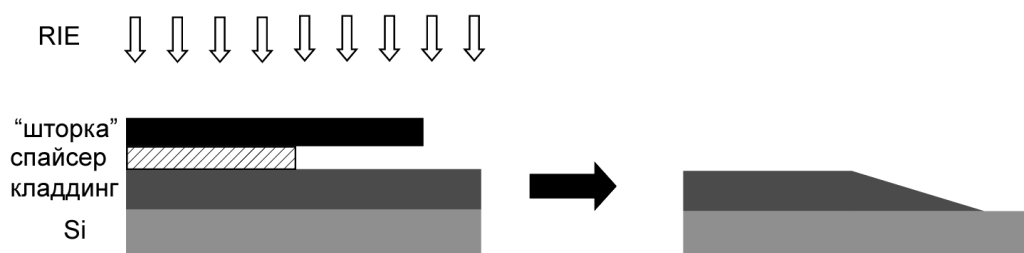


Рис. 4. Схематичный вид RIE с использованием «шторки»

Вначале проводилось реактивно-ионное травление с образованием канавки, глубиной 1,5 мкм в слое кладынга, как это было рассмотрено выше. Далее, накладывалась «шторка», край которой был расположен возле торца волновода, а расстояние от шторки до поверхности полимера составляло 1,5 мм. В этих условиях проводилось повторное травление. Таким образом, при реактивно-ионном травлении ионный поток проходил под «шторку», что привело к протравливанию клиновидной формы канавки.

Таким способом на торце волновода был получено клиновидное расширение, так что сечение торца волновода составило $6 \times 4,8$ мкм, что соответствует требованиям сопряжения «в стык». Плавное увеличение сечения волновода обеспечивает минимизацию потерь на стыковке при сопряжении с одномодовым оптическим волокном.

Заключение

В работе исследованы процессы, протекающие при реактивно-ионном травлении полимера, в том числе зависимость шероховатости поверхности, связанная с его локальным нагревом и плавлением при превышении мощности выше определенного предела, а также процессы формообразования микрополоскового планарного волновода.

На торце микрополоскового волновода путем реактивно-ионного травления с регулированием профиля ионного потока сформировано клиновидное расширение, что приводит к уменьшению потерь при сопряжении с оптическим волноводом «в стык».

Процесс создания стыковочного расширения микрополоска выполняется в одном технологическом процессе с созданием собственно микрополоскового волновода и не требует применения дополнительных материалов или технологических процессов.

Литература

1. Moisel J., Bogenberger M., Guttman J., Krumpholz O., Kuhn K.-P., Huber H.-P., Ronde M. Optical backplanes with integrated polymer waveguides // *Opt. Eng.* – 2000. – V. 39. – № 3. – P. 673–679.
2. Schiappelli F., Kumar R., Prasciolu M., Cojoc D., Cabrini S., De Vittorio M., Visimberga G., Gerardino A., Degiorgio V., Di Fabrizio E. Efficient fiber-to-waveguide coupling by a lens on the end of the optical fiber fabricated by focused ion beam milling // *Microelectronic Engineering.* – 2004. – V. 73–74. – P. 397–404.
3. Lay T.S., Yang H.M., Lee C.W., Cheng W.H. Fiber Grating Laser: A Performance Study on Coupling Efficiency of Fiber Microlens and the Bragg Reflectivity // *Optics Communications.* – 2004. – V. 233. – № 1–3. – P. 89–96.

4. Fokina M.I., Sobeshuk N.O. Denisyuk I.Y. Polymeric microelement on the top of the fiber formation and optical loss in this element analysis // Natural Science. – 2010. – V. 2. – № 8. – P. 868–872.
5. Yacoubian A., Lin W., Bechtel J.H. Fabrication of polymer waveguide tapers to minimize insertion loss // Proc. of SPIE. – 2001. – V. 4490. – P. 22–31.

УДК 637.1

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПАСТООБРАЗНОГО ПРОДУКТА
ПОВЫШЕННОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ
ДЛЯ ГЕРОДИЕТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ**

М.С. Белозерова

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

Разработана технология нежирного пастообразного продукта для геродиетического питания на основе сухих компонентов – сухого обезжиренного молока, изолированного соевого белка и полбы (высокобелковый вид пшеницы). При составлении рецептуры продукта учитывали изменяющиеся потребности организма в пожилом возрасте в основных пищевых веществах и энергии. Продукт обладает повышенной биологической ценностью за счет использования наряду с молочным сырьем растительных компонентов. Проведены исследования по определению срока годности готового продукта. Включение разработанного продукта в рацион питания пожилого человека позволит снизить риск развития алиментарно-зависимых заболеваний.

Производство молочных продуктов на основе сухого сырья широко известно в мировой практике и преследует цель максимального удовлетворения потребностей различных социально-возрастных групп населения в полноценных продуктах питания.

Актуальность создания продуктов для геродиетического питания связана с увеличивающимся количеством людей пожилого возраста в структуре населения России [1], а также недостаточным ассортиментом продуктов данного направления.

К болезням и нарушениям в организме человека, обусловленным неправильным питанием, можно отнести болезни сердца, рак, инсульт, высокое артериальное давление и др. Существуют данные, что порядка 80% всех заболеваний связаны именно с нарушением питания [2].

Цель работы – разработка рецептур и технологии нежирного пастообразного продукта смешанного сырьевого состава, на основе сухого обезжиренного молока (СОМ) и растительных компонентов, предназначенного для геродиетического питания.

Применение сухих молочных компонентов возможно по нескольким направлениям. Одним из наиболее важных является их использование в качестве исходного сырья для производства молочных продуктов. Значимость данного направления обусловлена рядом факторов, среди которых – возможность обеспечения полноценными продуктами населения регионов, в которых отсутствует натуральное молоко; снижение дефицита молочного сырья, возникающего на крупных молокоперерабатывающих предприятиях в период межсезонья или на заводах, находящихся на значительном удалении от молочных ферм [3, 4].

Научные основы по использованию сухих компонентов заложены учеными Н.Н. Липатовым, В.Д. Харитоновым, З.М. Цкитишвили и др.

Роль молочных продуктов в рациональном питании современного человека трудно переоценить. В полной мере это относится к творогу и творожным продуктам, которые отличаются повышенным содержанием белка. Часто наблюдающийся дефицит белкового компонента в рационе питания отрицательно сказывается на здоровье организма в целом, в связи с тем, что именно при достаточном уровне белка наиболее полно проявляются биологические свойства жиров, витаминов и минеральных элементов [5].

Поскольку производство творога – процесс весьма трудоемкий и требует значительных затрат сырья, применение сухих компонентов в данном случае можно считать целесообразным.

С другой стороны, хорошо известно, что в настоящее время приоритетным направлением в производстве молочных продуктов является комбинирование сырья различных классов, применение разнообразных обогащающих добавок, т.е. производство многокомпонентных полифункциональных продуктов на молочной основе. Теоретические и практические аспекты создания данных продуктов представлены в трудах Н.Н. Липатова (ст.), Н.Н. Липатова (мл.), И.А. Рогова, Л.А. Остроумова, З.С. Зобковой, Л.А. Забодаловой, Н.И. Дунченко, Н.Б. Гавриловой, Н.П. Захаровой, Л.М. Захаровой и др.

Применение сырья других классов, в частности, сырья растительного происхождения, например, изолятов соевых, пшеничных белков, а также различных круп, позволит повысить сбалансированность продукта по аминокислотному составу и частично сэкономить молочное сырье.

В качестве компонентов для производства пастообразного продукта были выбраны: СОМ, изолированный соевый белок (ИСБ) и полба. Среди растительных белков соевые относятся к числу наиболее ценных, так как по аминокислотному составу близки к животным белкам и отличаются более высокой перевариваемостью по сравнению с другими белками растительного происхождения.

Поскольку белки сои и молока имеют одинаковые лимитирующие аминокислоты, с целью повышения биологической ценности пастообразного продукта в рецептуру была включена полба – высокобелковый вид пшеницы. Использование ее в качестве зернового компонента позволяет получить продукт с повышенным содержанием углеводного компонента, недостаток которого в питании может приводить к нарушению белкового обмена. При добавлении полбы повышается содержание тирозина, который при ограниченной доле белка способствует увеличению сроков жизни, и количество серосодержащих аминокислот, которые наряду с глутаминовой кислотой относятся к алиментарным геропротекторам с антиоксидантными свойствами.

При разработке технологии пастообразного продукта на первом этапе исследования определяли оптимальные условия восстановления ИСБ, так как процесс восстановления (растворения) является основополагающим при производстве продуктов из сухих компонентов. От него во многом зависит эффективность производства, полнота использования сухих веществ, качество готового продукта.

На основании проведенных исследований был выбран рациональный режим восстановления ИСБ: растворение в дистиллированной воде с температурой 40°C, нагревание полученного раствора до 70°C и перемешивание при этой температуре в течение 5 мин с помощью мешалки, имеющей частоту вращения 1000 об/мин.

На следующем этапе исследований определяли влияние массовой доли (м.д.) ИСБ на процесс сквашивания смеси, показатели качества сгустка и готового продукта.

Пастообразный продукт приготавливали по технологии творога, производимого из восстановленного молока кислотным способом, разработанной З.М. Цкитишвили и Н.Н. Липатовым. Количество СОМ и ИСБ в смеси брали в соотношениях 75:25; 50:50; 25:75 из расчета м.д. белка в смеси 3,0%. Контролем служил образец без добавления ИСБ. Восстановление компонентов проводили отдельно. Полученную смесь пастеризовали при температуре 78±2°C с выдержкой 15 с, охлаждали до температуры заквашивания и вносили активированную закваску в количестве 3% от массы смеси. Использовали закваску, приготовленную на чистых культурах мезофильных лактококков.

Исследование динамики кислотонакопления в процессе сквашивания показало, что для образцов, содержащих ИСБ в количестве, менее 50%, 5 ч недостаточно для образования плотного сгустка, готового к дальнейшей обработке. По этой причине

продолжительность сквашивания была увеличена до 8 ч для всех образцов независимо от м.д. ИСБ в смеси.

Поскольку образцы имели различную начальную кислотность, что обусловлено соотношением компонентов, анализировали прирост титруемой кислотности. С увеличением м.д. ИСБ в смеси уменьшается продолжительность сквашивания до момента, когда наблюдается максимальный прирост кислотности, при этом для образования сгустка необходимо меньше времени. Полученные данные представлены на рис. 1.

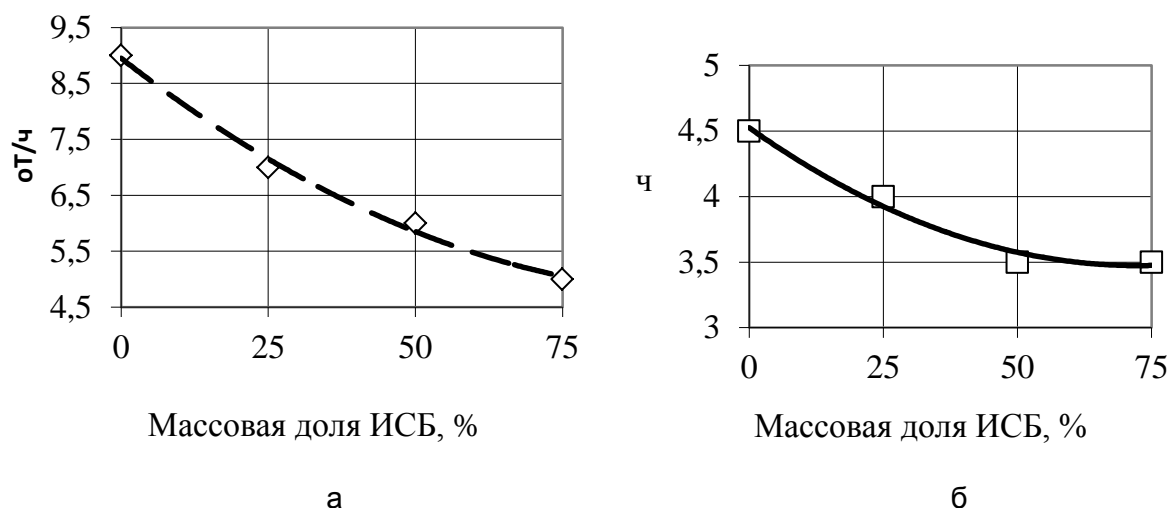


Рис. 1. Зависимость максимального прироста кислотности (а) и времени достижения максимального прироста титруемой кислотности (б) от м.д. ИСБ

Из графика видно, что с увеличением м.д. ИСБ в смеси уменьшается значение максимального прироста титруемой кислотности и времени достижения этого прироста, т.е. для образования сгустка необходимо меньше времени, и сгусток образуется при меньшем значении титруемой кислотности.

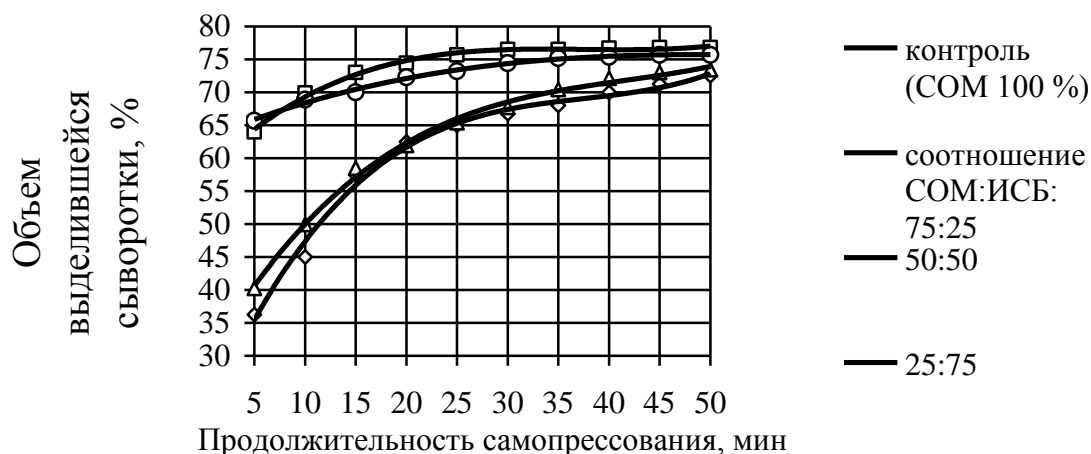


Рис. 2. Влагоудерживающая способность сгустков с различным содержанием ИСБ (продолжительность сквашивания для образцов 1 и 2 – 8 ч, для образцов 3 и 4 – 5 ч)

На основании исследования процесса сквашивания и качества образующегося сгустка были сделаны следующие выводы: продолжительность сквашивания уменьшается с увеличением м.д. ИСБ в смеси. Для образцов пастообразного продукта с м.д. ИСБ 75 и 50% продолжительность сквашивания составляет 5 ч. Этого времени достаточно для образования плотного сгустка, пригодного для дальнейшей обработки. В случае проведения более длительного процесса сквашивания происходит упрочнение структуры сгустка и его сжатие, таким

образом происходит самопроизвольное выпрессовывание сыворотки еще на этапе сквашивания смеси, поэтому сравнение влагоудерживающей способности образцов с различной м.д. ИСБ, проводили, учитывая увеличение продолжительности сквашивания при уменьшении м.д. ИСБ в смеси. Полученные результаты представлены на рис. 2.

Из представленного графика видно, что наиболее интенсивное отделение сыворотки наблюдается в первые 25 мин самопрессования, а время, достаточное для самопрессования сгустка, составляет 30–35 мин для сгустков с м.д. ИСБ 50 и 75% и 40–45 мин для сгустка с м.д. ИСБ 25% и контроля. При этом увеличение доли соевого компонента в смеси приводит к понижению влагоудерживающей способности сгустка, возможно, вследствие наличия у глобулинов сои лучших синергетических свойств по сравнению с белками коровьего молока. Полученные данные должны учитываться при технологической обработке сгустка. Кроме того, при проведении обработки сгустка выявлено, что применение отваривания позволяет снизить потери сухих веществ с сывороткой.

Полученный продукт имел однородную, пастообразную консистенцию, цвет от белого до кремового в зависимости от м.д. ИСБ в смеси, кисломолочный вкус с привкусом соевого изолята различной интенсивности. При увеличении доли ИСБ в смеси консистенция сгустка становится менее плотной, а привкус сои более выраженным, особенно при внесении ИСБ в количестве, превышающем 50% от массы смеси. На основании анализа полученных результатов рациональным признано соотношение СОМ:ИСБ 50:50, что позволяет получить белковый компонент продукта с равным содержанием животного и растительного белков.

При приготовлении пастообразного продукта исследовалось два способа внесения полбы: 1 – сухой измельченный компонент вносили перед пастеризацией в смесь для приготовления продукта; 2 – измельченную полбу отваривали и вносили в сгусток после прессования. Первоначально, независимо от способа внесения, она измельчалась до диаметра частиц 0,5 мм. Такая степень дисперсности была выбрана на основании органолептической оценки образцов смеси с различным размером частиц зернового компонента. Зерновой компонент добавляли в смесь с соотношением СОМ:ИСБ 50:50%.

В результате проведенных исследований был выбран способ внесения полбы в вареном виде в сгусток после прессования, в связи с тем, что при внесении зернового компонента в смесь до пастеризации даже в небольшом количестве (1–2%), полба оседает во время сквашивания, при этом сгусток характеризуется меньшей плотностью, и интенсивность отделения сыворотки снижается по сравнению с отделением сыворотки сгустком, выработанным на основе СОМ и ИСБ без добавления полбы.

Добавление полбы в сгусток после прессования позволяет варьировать м.д. зернового компонента в пастообразном продукте для получения заданного состава.

Для определения оптимального состава продукта использовали обобщенную функцию желательности Харрингтона. Для характеристики разрабатываемого продукта были выбраны следующие показатели: коэффициент аминокислотного соответствия, показатель сопоставимой избыточности, м.д. полбы, от которой будет зависеть состав разрабатываемого продукта и его биологическая ценность. М.д. полбы варьировали в интервале от 10 до 50% с шагом 2,5%. Была получена обобщенная функция желательности, наибольшее значение которой, равное 0,601, получено для образца с м. д. полбы 37,5%, на основании чего можно считать, что данный образец является наиболее предпочтительным, так как дальнейшее увеличение м.д. зернового компонента в смеси приводит к уменьшению функции желательности.

На следующем этапе проводили исследование показателей качества пастообразного продукта с добавлением полбы. Зерновой компонент добавляли из расчета содержания сухой полбы 25; 37,5 и 50% от массы сгустка после прессования, с целью подтверждения определенной расчетным путем м.д. зернового компонента с учетом органолептических, физико-химических и структурно-механических показателей продукта.

В связи с тем, что полбу в продукт вносили в вареном виде, увеличение м.д. зернового компонента приводило к увеличению м.д. влаги готового продукта, поэтому процесс прессования сгустка необходимо вести до содержания влаги, равного $74 \pm 1\%$.

Физико-химические показатели готового продукта представлены в табл. 1.

Таблица 1. Физико-химические показатели пастообразного продукта с полбой

Показатель	Массовая доля полбы, %			
	0	25	37,5	50
Массовая доля влаги, %	$74,5 \pm 0,4$	$78,3 \pm 0,4$	$79,8 \pm 0,4$	$80,9 \pm 0,5$
Титруемая кислотность, °Т	138 ± 4	126 ± 4	118 ± 4	108 ± 3

Для пастообразного продукта с добавлением полбы были определены также показатели, характеризующие устойчивость структуры продукта к разрушению при механическом воздействии и способность к восстановлению. Для образцов продукта, содержащих 37,5 и 50% полбы, характерны наиболее высокие структурно-механические показатели. Но поскольку увеличение м.д. полбы до 50% приводит к ухудшению органолептических показателей продукта, рекомендовано к пастообразной основе добавлять полбу в количестве 37,5% от ее массы.

В разработанном продукте определяли аминокислотный состав, содержание основных пищевых компонентов, рассчитывали биологическую и энергетическую ценность, степень удовлетворения потребности в белках, жирах и углеводах при потреблении 100 г продукта. Данные представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2. Содержание основных пищевых веществ в продукте, г/100 г продукта

Показатель	Суточная потребность	Пастообразный продукт		Обезжиренный творог	
		Содержание	% от суточной нормы	Содержание	% от суточной нормы
Белки	75	$7,6 \pm 0,9$	10,1	18	24
Жиры	60	0,9	1,5	0,6	1,0
Углеводы	290	$9,6 \pm 1,4$	3,3	1,5	0,5
Энергетическая ценность, ккал	2000	76,9	3,8	86	4,3

Углеводный компонент продукта содержит, г/100 г продукта: $2,09 \pm 0,3$ клетчатки; $1,96 \pm 0,29$ некрахмальных полисахаридов; $5,10 \pm 0,74$ крахмала.

Таблица 3. Биологическая ценность белковой составляющей пастообразного продукта и обезжиренного творога

Показатель	Пастообразный продукт	Обезжиренный творог
Коэффициент рациональности аминокислотного состава	0,67	0,69
Показатель сопоставимой избыточности	0,19	0,16
Коэффициент различий аминокислотного сора (КРАС)	18,5	37,4
Биологическая ценность (БЦ), % (БЦ=100-КРАС)	81,5	62,6

За счет большего количества углеводов в пастообразном продукте общее содержание аминокислот ниже по сравнению с обезжиренным творогом. При этом сбалансированность аминокислот выше, о чем можно судить по значению КРАС, который показывает величину избытка аминокислот, не используемого на пластические нужды. Таким образом, чем меньше значение КРАС, тем большее количество аминокислот используется организмом на пластические нужды, и, следовательно, тем выше биологическая ценность белка продукта.

Разработанный продукт имеет специфический оттенок вкуса, обусловленный компонентным составом, поэтому с целью придания продукту вкуса, предпочтительного для широкого круга потребителей и расширения ассортимента продукции проводили подбор вкусовых наполнителей. Наилучшая сочетаемость наблюдалась при добавлении в пастообразный продукт чернослива в количестве 10% от массы продукта и фруктового пюре со вкусом банана в количестве 3%.

Для определения срока годности пастообразного продукта смешанного сырьевого состава проводили исследования органолептических, структурно-механических и микробиологических показателей сразу после выработки (фон) и затем с интервалом в 5 дней в течение 20 суток. Готовый продукт хранили при температуре $4\pm 2^\circ\text{C}$.

Одним из основных факторов, определяющих срок годности продукта, являются микробиологические показатели. После 15 суток хранения количество дрожжей превышает величину допустимого уровня, равную 100 КОЕ/г. Остальные микробиологические показатели готового продукта не превышают нормативных значений на протяжении всего срока хранения.

Таким образом, на основании комплекса исследуемых показателей установлено, что срок годности пастообразного продукта составляет 15 суток при температуре хранения $4\pm 2^\circ\text{C}$.

Заключение

Разработан пастообразный продукт для геродиетического питания повышенной биологической ценности на основе сухих компонентов, отличающийся повышенным содержанием алиментарных геропротекторов, а также углеводного компонента, содержащего клетчатку.

Потребление продуктов заданного состава, учитывающих изменяющиеся потребности организма в основных пищевых веществах и энергии в пожилом возрасте, позволит реализовать резерв долголетия организма и улучшить качество жизни людей старшего возраста.

Литература

1. Андреев Л.Г., Антипова Т.А., Симоненко С.В. Вопросы питания пожилых. – М.: Российская академия сельскохозяйственных наук, 2007. – 276 с.
2. Доценко В.А., Власова В.В., Мосийчук Л.В., Смирнова Е.Н. Организация диетологической помощи населению в лечебно-профилактических учреждениях Санкт-Петербурга // Вопросы питания. – 2009. – Т. 78. – № 6. – С. 48–52.
3. Кузнецов В.В., Шиллер Г.Г. Использование сухих молочных компонентов в пищевой промышленности. Справочник. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 480 с.
4. Липатов Н.Н., Тарасов К.И. Восстановленное молоко (теория и практика производства восстановленных молочных продуктов). – М.: Агропромиздат, 1985. – 256 с.
5. Петров А.Н., Григоров Ю.Г., Козловская С.Г., Ганина В.И. Геродиетические продукты функционального питания. – М.: «Колос-Пресс», 2001. – 96 с.

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НА ПОВЕРХНОСТИ НАНОЧАСТИЦЫ

И.В. Блинова

Рассмотрена спектральная задача для оператора Шредингера на полубесконечном кристалле с поверхностной примесью. Используется модель потенциалов нулевого радиуса, основанная на теории самосопряженных расширений симметрических операторов. Примесь на поверхности наночастицы рассмотрена как цепочка потенциалов нулевого радиуса. Наличие примеси способствует появлению дополнительных энергетических зон. Соответствующие состояния концентрируются вблизи цепочки примеси, что приводит к увеличению электронной плотности на поверхности, а следовательно, увеличению каталитической активности.

Ключевые слова: каталитическая активность, наночастица, теория операторов.

Введение

Нанокатализ является наиболее распространенным катализом в современной химии [1]. Каталитическая активность тем выше, чем больше отношение площади поверхности к объему наночастицы. Наиболее важная задача здесь – обеспечить высокую каталитическую эффективность и предложить вычислительный метод для определения характеристик наночастиц. Эта задача рассматривалась с использованием различных приближений [2], но наиболее предпочтительна простая модель, позволяющая определить соответствующие свойства системы. Наночастицу можно рассматривать как кристалл конечного размера. Экспериментально замечено, что каталитическая активность наночастицы значительно увеличивается, если на поверхности частицы появляются нерегулярные образования [3–7]. В этом случае увеличивается площадь поверхности частицы, но этого не достаточно для объяснения, и возможно предположить дополнительные причины. Известно, что при прочих равных условиях каталитическая активность улучшается при возрастании электронной плотности на поверхности наночастицы. Ранее [8] было показано, что этот эффект связан с нарушением периодичности структуры кристалла. В настоящей работе предложена математическая модель для описания поверхностных состояний, связанных с поверхностной примесью. Предложена простая модель, объясняющая рост поверхностной электронной плотности. А именно, наночастица рассматривается, как трехмерный полубесконечный кристалл с потенциалами нулевого радиуса [9, 10]. Дополнительная цепочка на поверхности полукристалла играет роль примеси. Вследствие такого возмущения оператора Шредингера для электрона в полукристалле появляются дополнительные зоны в спектре. Соответствующие зонам состояния концентрируются около цепочки примесей, т.е. на поверхности частицы, что приводит к увеличению каталитической активности.

Модель

В качестве модели возьмем периодическую цепочку потенциалов нулевого радиуса с периодом a , находящуюся на поверхности наночастицы. Влияние кристалла-матрицы учитываем в приближении эффективной массы, т.е. считаем, что влияние кристалла сводится к изменению эффективной массы электрона. Разумеется, эффективная масса будет меняться в зависимости от того, имеет ли электрон энергию вблизи дна зоны проводимости или вблизи валентной зоны

кристалла. Построение модели потенциалов нулевого радиуса стартует с самосопряженного оператора Лапласа в $L_2(R^3)$. Сузив данный оператор на множество функций, обнуляющихся в точках, где расположены атомы цепочки, получаем симметричный оператор с бесконечными индексами дефекта. Его самосопряженное расширение и дает нам нужную модель. Эффективно строить ее, сужая сопряженный оператор. Его область определения состоит из функций вида

$$\psi(r) = \psi_0(r) + \sum_{m=-\infty}^{\infty} c_m \frac{\exp(-ik_0|r-na|)}{|r-na|},$$

где ψ_0 – принадлежит области определения расширения по Фридрихсу исходного симметрического оператора; $k_0 = \sqrt{\lambda_0}$; λ_0 – отрицательное вещественное число (регулярное значение спектрального параметра).

Самосопряженное расширение выбирается с помощью граничного условия в точках потенциалов:

$$\lim_{|r-na| \rightarrow 0} \left(\frac{\partial}{\partial |r-na|} - b \right) (|r-na|\psi) = 0.$$

Эти условия приводят к дисперсионному уравнению:

$$D(k, s)\xi(k) = \eta(k),$$

где

$$D(k, s) = is - b + \sum_{n \neq 0} \frac{\exp(is|n|a)}{|n|a} \exp(ikna), \quad k \in (-\pi/a, \pi/a),$$

$$\xi(k) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n \exp(ikna),$$

$$\eta(k) = -\frac{1}{4\pi} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{\exp(is|r'-na| + ikna)}{|r'-na|}.$$

Замечательно, что с использованием формулы суммирования Пуассона величина $D(k, s)$ находится явно, а значит, и дисперсионное уравнение упрощается:

$$D(k, s) = \frac{1}{a} \ln \frac{d}{\cos(as) - \cos(ak)} = 0,$$

где $d = e^{-ba}/2$. Это дает волноводную зону. При $d \leq 2$ она перекрывается с зоной проводимости.

Закон дисперсии дается выражением

$$E = -\frac{\hbar^2 \chi^2}{2\mu}, \quad s = i\chi,$$

$$ch(\chi a) = d + \cos(ka).$$

Дисперсионная кривая задается функцией

$$E(k) = -\frac{\hbar^2}{2\mu a^2} (\ln(d + \cos(ak)) + \sqrt{(d + \cos(ak))^2 - 1})^2,$$

Границы зоны, соответственно, легко определяются варьированием квазиимпульса и даются формулами:

$$E_{\min} = -\frac{\hbar^2}{2\mu a^2} (\ln(d+1) + \sqrt{(d+1)^2 - 1})^2,$$

$$E_{\max} = -\frac{\hbar^2}{2\mu a^2} (\ln(d-1) + \sqrt{(d-1)^2 - 1})^2.$$

Эффективная масса электрона около вершины волноводной зоны:

$$m_{eff} = \mu \frac{\sqrt{d^2 - 2d}}{\ln(d - 1 + \sqrt{d^2 - 2d})},$$

а около ее дна:

$$m_{eff} = \mu \frac{\sqrt{d^2 + 2d}}{\ln(d + 1 + \sqrt{d^2 + 2d})}.$$

Если у каждого атома по одному «свободному» электрону, то энергия Ферми легко находится:

$$E_F = -\frac{\hbar^2}{2\mu a^2} (\ln(d + \sqrt{d^2 - 1}))^2.$$

Волновая функция электрона для волноводной зоны находится из функции Грина и имеет вид:

$$\Psi(r) = \frac{\sqrt{\chi d}}{4\pi\sqrt{(d + \cos(ak))^2 - 1}} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{\exp(-\chi|r - na| + ikna)}{|r - na|}.$$

Работа поддержана Правительством России в рамках Программы повышения конкурентоспособности Российских университетов (грант 074-U01), Минобразования России (Госзадание 2014/190, проект № 14.Z50.31.0031) и грантом президента России МК-5001.2015.1.

Литература

1. Ulrich Heiz, Uzi Landman. *Nanocatalysis*. Springer Science and Business Media. – Berlin, 2007. – 519 p.
2. Erikat I.A., Hamad B.A., Khalifeh J.M. *Physica Status Solidi (b)*. – 2011. – V. 248(6). – P. 1425.
3. Glibin V., Svirko L., Bashtan-Kandybovich I., Karamanev D. Synthesis, surface chemistry and electrocatalytic properties of oxygen-modified tungsten carbide in relation to the electrochemical hydrogen oxidation // *Surface Science*. – 2010. – V. 604. – P. 500–507.
4. Hyman M.P., Vohs J.M. Reaction of ethanol on oxidized and metallic cobalt surfaces // *Surface Science*. – 2011. – V. 605. – P. 383–389.
5. Weilach Ch., Spiel Ch., Fittinger K., Rupprechter G. Carbonate formation on Al₂O₃ thin film model catalyst supports // *Surface Science*. – 2011. – V. 605. – P. 1500–1506.
6. Chuasiripattana K., Warschkow O., Delley B., Stampfl C. Reaction intermediates of methanol synthesis and the water-gas-shift reaction on the ZnO(0001) surface // *Surface Science*. – 2010. – V. 604. – P. 1742–1751.
7. Khanra B.C. and de Sarkar A. Impurity and support effects on surface composition and CO+NO reactions over Pt-Rh/CeO₂ nanoparticles: a comparative study // *Int. J. Mod. Phys. B*. – 2003. – V. 17. – P. 4831.
8. Popov I.Yu., Blinova I.V., Gusarov V.V. A Model of Irregular Impurity at the Surface of Nanoparticle and Catalytic Activity // *Communications in Theoretical Physics*. – 2012. – V. 58(1). – P. 55–58.
9. Albeverio S., Gesztesy F., Hoegh-Krohn R., Holden H. *Solvable Models in Quantum Mechanics*. Second Edition, with an appendix by Exner P. (Providence, R.I.: AMS Chelsea Publishing). – 2005. – 488 p.
10. Pavlov B.S. Extensions theory and explicitly solvable models // *Uspekhi. Mat. Nauk*. – 1987. – V. 42(6). – P. 99–131.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ТРЕХЗЕРКАЛЬНЫХ СИСТЕМ БЕЗ КОМПЕНСАТОРОВ

К.Д. Бутылкина

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

Целью работы являлось исследование свойств и возможностей трехзеркальных оптических систем, подходящих для мониторинга внеземного пространства, с учетом качества изображения, экранирования и возможностей защиты плоскости изображения от постороннего света в системе. На основе анализа габаритных и конструктивных особенностей выполнен отбор исходных систем для дальнейшей оптимизации и абберационного расчета этих систем.

Ключевые слова: зеркальные системы, трехзеркальные объективы, aberrации, качество изображения.

Введение

Наблюдение за небесными объектами и космическим пространством всегда интересовало человечество. Изучение космического пространства дает информацию о процессах, протекающих в космосе, эволюции объектов, возникновении и развитии Вселенной [1].

На сегодняшний день изучение космоса необходимо для разработки современных технологий, которые позволят путешествовать и даже жить на других планетах. Одна из главных причин для исследования Луны и планет, таких как Марс – поиск полезных ископаемых.

Исследование околоземного пространства необходимо также для обнаружения и предотвращения опасностей, исходящих из космоса. Важно вовремя обнаруживать астероиды и кометы, пролетающие в опасной близости от нашей планеты. Другой угрозой для нашей планеты из космоса можно назвать космический мусор, которого за последние десятилетия скопилось довольно много в атмосфере Земли. Он может не только нанести урон планете, но и сделать небезопасными космические полеты. Одной из важнейших мер по уменьшению засоренности является информирование об опасностях, связанных с загрязненностью космического пространства и о многочисленных источниках образования космического мусора.

Именно поэтому важно проводить постоянный глубокий обзор неба. Для решения этих задач необходимы специальные инструменты – телескопы. Такие телескопы должны иметь разные характеристики в зависимости от целей использования, но у всех должно быть высокое качество изображения и полное исправление четыре aberrаций (сферическая aberrация, кома, астигматизм и кривизна изображения).

Постановка задачи

Получившие наибольшее распространение в последние десятилетия телескопические системы Ричи–Кретьена без линзовых элементов не позволяют получить светосильные и широкоугольные телескопы, так как нет параметров, позволяющих исправить астигматизм.

В связи с этим необходим переход к трехзеркальным системам. Трехзеркальные оптические схемы телескопов изучались различными авторами в России и за рубежом [2–7]. Однако полного исследования этих систем с различным расположением зеркал не было выполнено.

В настоящей работе используется классификация трехзеркальных систем, предложенная Г.И. Цукановой [8]. Согласно этой классификации, существует четыре

вида систем в зависимости от знаков h_2 и h_3 (h – высоты нулевого луча на главных плоскостях) (табл. 1).

Таблица 1. Типы трехзеркальных систем

Описание	Тип	h_2	h_3
Системы без промежуточного изображения	I	+	+
Системы с промежуточным изображением после отражения от второго зеркала	II	+	-
Системы с двумя промежуточными изображениями	III	-	+
Системы с промежуточным изображением после отражения от первого зеркала	IV	-	-

Изучение современных проектов телескопов показывает, что наибольшее распространение получили два типа систем: с промежуточным изображением после отражения от двух зеркал и без промежуточного изображения. Можно заметить, что в последнее десятилетие система Корша, относящаяся ко второму типу систем, начала набирать наибольшую популярность среди оптических систем для космических телескопов. Это объясняется тем, что такая система малогабаритна, работает в широком спектральном диапазоне и позволяет получить хорошее качество изображения.

Два других типа трехзеркальных систем, хотя и остаются малоизученными, также могут представлять интерес для решения различных задач.

На данном этапе работы исследовался наименее изученный к настоящему времени тип систем (I), подходящий для решения задач мониторинга околоземного пространства.

Основной результат

На рис. 1 приведена принятая в работе принципиальная схема трехзеркального объектива. Исходными параметрами для расчета приняты: α_2 – тангенс угла, образованного нулевым лучом с осью после отражения от первой поверхности (в диапазоне от -2 до $-1,2$), α_3 – тангенс угла, образованного нулевым лучом с осью после отражения от второй поверхности (в диапазоне от $-0,1$ до $0,1$) и h_2 (в диапазоне от $0,2$ до $0,45$). Выбор диапазонов связан с необходимостью защиты плоскости изображения от постороннего света и обеспечения приемлемого экранирования в системе.

Условия масштаба:

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

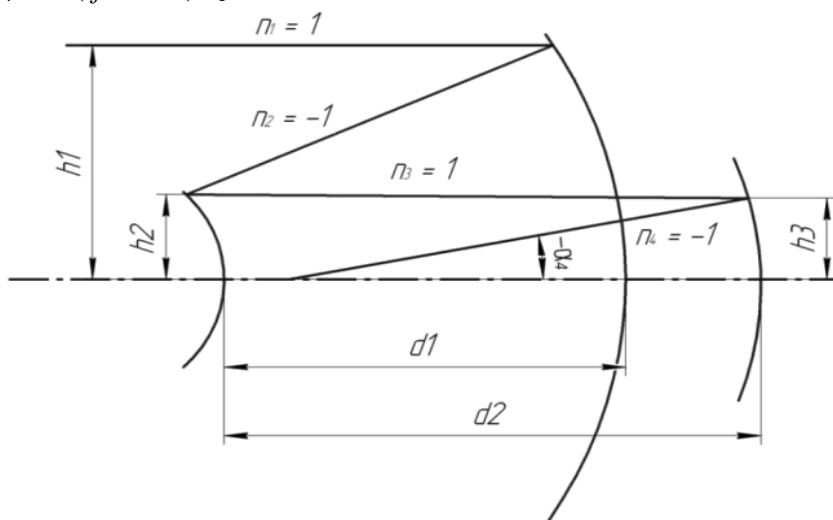


Рис. 1. Принципиальная оптическая схема исследуемого объектива

Обязательным условием при разработке трехзеркальных космических объективов является исправление четырех аберраций: сферическая аберрация, кома, астигматизм, кривизна изображения. Подробные формулы для габаритного и аберрационного расчета были получены в ходе ранее проведенных исследований [9, 10].

Условие устранения кривизны изображения:

$$\alpha_2 - \frac{\alpha_3 + \alpha_2}{h_2} + \frac{\alpha_4 + \alpha_3}{h_3} = 0. \quad (1)$$

Радиусы и воздушные промежутки определяются из конструктивных соображений и условия устранения кривизны изображения.

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 [10].

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

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

$$\sigma_3 = \frac{2S_2 - 8a}{h_3 S_3 (S_3 - S_2) (\alpha_4 + \alpha_3)^3} - \frac{(\alpha_4 - \alpha_3)^2}{(\alpha_4 + \alpha_3)^2}, \quad (4)$$

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

где d_1 – расстояние между первым и вторым зеркалами.

В рамках указанных диапазонов начальных данных проводился расчет и исследование полученных систем с точки зрения габаритов. В первую очередь отбрасывались нереализуемые системы (с мнимым d_2 и слишком большим экранированием), дальнейший отбор систем проходил с учетом следующих соображений:

- отсеивались схемы со слишком большими (больше f') и слишком маленькими (менее $0,2f'$) расстояниями между вторым и третьим зеркалами, причем отдавалось предпочтение объективам, в которых первый и второй промежутки d_1 и d_2 примерно равны;
- анализировалось положение плоскости приемника (желательно, чтобы оно находилось за вершиной второго зеркала);
- принимался во внимание коэффициент экранирования (по диаметру с учетом углового поля, диафрагменного числа и защиты плоскости изображения от постороннего света коэффициент экранирования не должен превышать значения $\eta \leq 0,55$).

В табл. 2 приведены системы с наиболее оптимальным положением плоскости приемника (вблизи вершины второго зеркала, немного вынесенное за него). Замечено, что среди объективов, подходящих для реализации, наибольшее количество имеет параллельный или близкий к параллельному ход лучей внутри системы (2/3 оптимальных вариантов).

Таблица 2. Отобранные системы

№	Задаваемые данные			Конструктивные параметры					Коэффициенты деформации		
	α_2	α_3	h_2	d_1	d_2	r_1	r_2	r_3	σ_1	σ_2	σ_3
1	-1,35	-0,09	0,35	-0,48	0,49	-1,482	-0,486	-0,724	-1,1798	-0,8158	0,0667
2	-1,50	-0,02	0,35	-0,43	0,44	-1,333	-0,461	-0,704	-1,2093	-1,2614	-0,0790

№	Задаваемые данные			Конструктивные параметры					Коэффициенты деформации		
	α_2	α_3	h_2	d_1	d_2	r_1	r_2	r_3	σ_1	σ_2	σ_3
3	-1,35	0,005	0,25	-0,56	0,62	-1,482	-0,372	-0,496	-0,9419	-0,4001	-0,0720
4	-1,35	0,03	0,20	-0,59	0,51	-1,482	-0,303	-0,381	-0,9520	-0,4645	-0,1139
5	-1,50	0,05	0,25	-0,50	0,58	-1,333	-0,345	-0,465	-0,9651	-0,7097	-0,1005
6	-1,60	0,07	0,20	-0,50	0,66	-1,250	-0,265	-0,331	-0,9309	-0,6204	-0,3054
7	-1,80	0	0,25	-0,42	0,50	-1,111	-0,278	-0,500	-1,0596	-1,1166	-0,2897
8	-1,80	0	0,40	-0,33	0,40	-1,111	-0,444	-0,800	-1,3580	-1,8505	-0,7400
9	-1,80	0	0,45	-0,31	0,40	-1,111	-0,500	-0,900	-1,4614	-1,9919	-0,8054
10	-1,60	0	0,20	-0,50	0,55	-1,250	-0,250	-0,400	-0,9886	-0,7550	-0,2302
11	-1,60	0	0,25	-0,47	0,50	-1,250	-0,313	-0,500	-1,0422	-0,9642	-0,1620
12	-1,60	0	0,35	-0,41	0,45	-1,250	-0,438	-0,700	-1,1975	-1,3628	-0,1747
13	-1,60	0	0,40	-0,38	0,40	-1,250	-0,500	-0,800	-1,3485	-1,7096	-0,3382
14	-1,60	0	0,45	-0,34	0,40	-1,250	-0,563	-0,900	-1,4517	-1,8427	-0,3401
15	-1,50	0	0,20	-0,53	0,55	-1,333	-0,267	-0,400	-0,9763	-0,6431	-0,1952
16	-1,50	0	0,40	-0,40	0,40	-1,333	-0,533	-0,800	-1,3386	-1,5926	-0,1429
17	-1,50	0	0,45	-0,37	0,40	-1,333	-0,600	-0,900	-1,4409	-1,7172	-0,1139
18	-1,35	0	0,20	-0,59	0,60	-1,482	-0,296	-0,400	-0,9359	-0,3450	-0,1775
19	-1,35	0	0,25	-0,56	0,60	-1,482	-0,371	-0,500	-0,9536	-0,4327	-0,0609
20	-1,35	0	0,35	-0,48	0,50	-1,482	-0,519	-0,700	-1,1010	-0,8168	0,1607
21	-1,35	0	0,40	-0,44	0,45	-1,482	-0,593	-0,800	-1,2307	-1,0822	0,2171
22	-1,20	0	0,20	-0,67	0,70	-1,667	-0,333	-0,400	-0,8683	0,1144	-0,2119
23	-1,20	0	0,40	-0,50	0,55	-1,667	-0,667	-0,800	-1,0321	-0,2677	0,40412
24	-1,20	0	0,45	-0,46	0,50	-1,667	-0,750	-0,900	-1,1513	-0,4331	0,56043
25	-1,50	0	0,35	-0,43	0,50	-1,300	-0,455	-0,700	-1,1405	-1,1355	-0,0322

Отобранные системы анализировались более подробно, для этого были рассчитаны схемы при конкретных характеристиках. Пробные расчеты проводились при угловом поле $2\omega=2-3^\circ$, относительном отверстии 1:1,4–1:1,7 и фокусном расстоянии $f'=1000-1500$ мм. Апертурная диафрагма располагается или на третьем зеркале, или в отверстии первого. Системы 22–24 (табл. 2) имеют наименьший коэффициент экранирования по диаметру, но они неудобны для использования в качестве обзорных систем: в этих схемах получен большой размер главного зеркала по отношению ко всей системе и, кроме того, при большом значении углового поля сильно возрастает экранирование, вызываемое дополнительными блендами.

Для всех рассмотренных систем при использовании асферических поверхностей второго порядка качество изображения остается удовлетворительным, однако для повышения качества изображения может потребоваться введение асферики высшего порядка.

Итоговая система

На основании проведенного исследования была выбрана система № 25, для которой проводился более глубокий анализ aberrаций и расчет защитных бленд. В программе OPAL была проведена оптимизация по средней квадратичной деформации волнового фронта данной системы.

Основные характеристики:

- фокусное расстояние $f'=900$ мм;
- относительное отверстие 1:1,4;
- угловое поле в пространстве предметов $2\omega=2^\circ$.

Полученная система обладает хорошим качеством изображения. В зависимости от конкретных требований к качеству изображения может быть использовано усложнение формы поверхности. При этом система с асферикой только второго порядка может выступать в качестве исходной схемы (рис. 2).

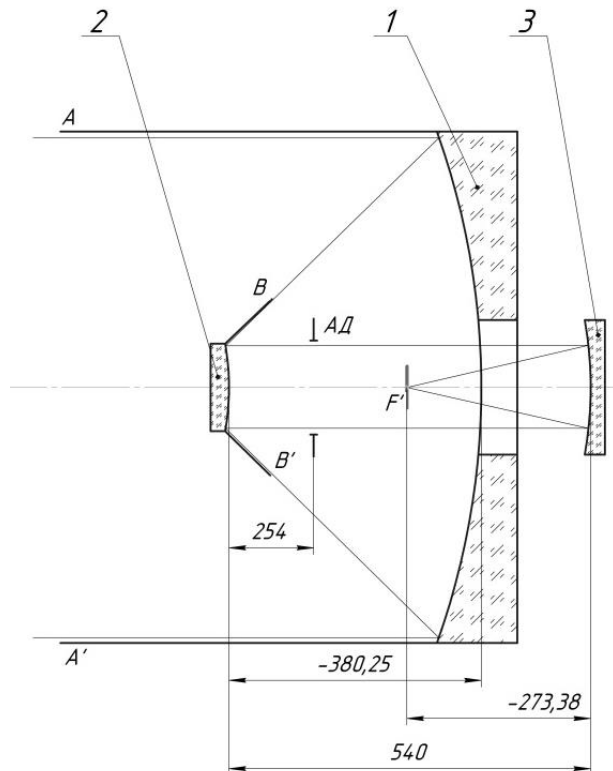


Рис. 2. Конструкция рассчитанной оптической системы

Таблица 3. Конструктивные параметры оптической системы

№	Радиусы	Осевые расстояния	Световые высоты	Показатели преломления
1	-1124,18*	-380,25	186,11	-1
2	-371,32**	540,00	65,35	1
3	-565,42***	-273,38	100,39	-1

$$* x^2 + y^2 = -2248,36z + 0,000477z^2 - 0,198153e - 11z^3$$

$$** x^2 + y^2 = -742,64z + 0,90239z^2$$

$$*** x^2 + y^2 = -1130,84z - 0,2543z^2.$$

Аберрации осевого пучка

-Отн. зр -коор.	Продольные аберрации (мм)			Поперечные аберрации (мм)		
	0	1	2	0	1	2
1.000	-.00004			.000007		
.866	-.01821			.003203		
.707	-.02660			.003800		
.500	-.02501			.002514		
.000	-.01325			.000000		
-Тг' * 100	Волновые аберрации (дл. волн)			Неизопл. (%)	Н ЗР (мм)	
	0	1	2			
-20.412	.7372			.0001	180.0320	
-17.587	.6447			.0024	155.9123	
-14.287	.4293			.0031	127.3019	
-10.051	.1835			.0023	90.0160	
.000	.0000			.0000	.0000	

Расчет защитных бленд проводился графоаналитическим методом. Для защиты от построенного света устанавливаются две бленды – у главного и вторичного зеркал.

Характеристики для системы с тремя асферическими зеркалами, одно из которых (первое) – высшего порядка, показаны на рис. 3, а. Поскольку третье зеркало в данной системе близко к сферическому, был рассмотрен вариант со сферической формой третьего зеркала. После оптимизации и анализа было выявлено, что качество изображения остается приемлемым, aberrации на оси невелики, заметно влияние астигматизма (рис. 3, б).

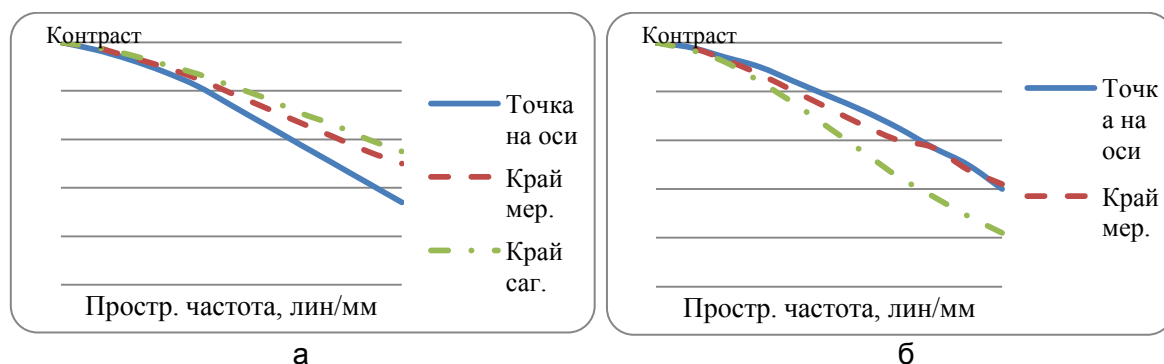


Рис. 3. Частотно-контрастная характеристика полученного объектива: все зеркала асферические (а); со сферическим третьим зеркалом (б)

Присутствие сферического зеркала значительно облегчает изготовление, сборку и юстировку, поэтому в случае отсутствия жестких требований к качеству изображения на краю поля целесообразно использовать этот вариант системы.

Заключение

Промежуточные результаты:

1. определены оптимальные исходные параметры систем, при которых могут быть найдены, рассчитаны и реализованы оптические схемы телескопов;
2. выполнен анализ рассчитанных систем с точки зрения поиска оптимального конструкторского решения;
3. для системы $f'=900$ мм, $1:1,4$, $2\omega=2^\circ$ с асферикой высшего порядка на первом зеркале и с асферикой второго порядка на остальных зеркалах, а затем для этой же системы, но со сферическим третьим зеркалом выполнена оптимизация и анализ качества изображения, рассчитаны защитные бленды.

Дальнейшее исследование должно касаться других типов многозеркальных систем, согласно классификации, а также вопросов защиты от постороннего света в различных типах систем.

Литература

1. Бестужевский Д. Планета под ударом // Discoveri. Дискавери – познавая мир, открываем себя. – 2012. – № 4(40). – С. 56–62.
2. Теребиж В.Ю. Современные оптические телескопы. – М.: Физматлит, 2005. – 80 с.
3. 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.
4. Оптические инновации в космическом телескопе «Деймс Уэбб» // OPN Optic&Photonics News. – 2010. – С. 2–10.
5. The SuperNova Acceleration Probe [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://snap.lbl.gov/>, своб.

6. Грамматин А.П., Сычева А.А. Трехзеркальный объектив телескопа без экранирования // Оптический журнал. – 2010. – Т. 77. – №1. – С. 24–37.
7. Савицкий А.М., Сокольский М.Н. Оптические системы объективов для малых космических аппаратов // Оптический журнал. – 2009. – Т. 76. – №10. – С. 83–88.
8. Цуканова Г.И. Классификация трехзеркальных объективов // 31 Internationales Wissenschaftliches Kolloquium. Technische Hochschule Ilmenau. – 1986. – Н.3. – Р. 225.
9. Чуриловский В.Н. Теория хроматизма и aberrаций третьего порядка. – Л.: Машиностроение, 1968. – 312 с.
10. Цуканова Г.И., Бутылкина К.Д. Светосильные трехзеркальные объективы без промежуточного изображения с выпуклым вторым и вогнутым третьим зеркалами // Оптический журнал. – 2014. – Т. 81. – №3. – С. 3–7.

УДК 681.3

МЕТОД ВСТРОЕННОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА С ДИНАМИЧЕСКОЙ АКТУАЛИЗАЦИЕЙ МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ НА КРИСТАЛЛЕ

С.В. Быковский

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

В работе описан оригинальный метод наблюдения реального поведения систем на кристалле и их подсистем в процессе натуральных испытаний и эксплуатации с помощью встроенных средств мониторинга. В основе метода лежит разработанная техника динамической актуализации модели поведения системы. По сравнению с альтернативными решениями, метод ориентирован на длительные циклы мониторинга системы (дни, недели, месяцы), позволяет фиксировать последовательность событий, приводящую к сбою, имеет существенно сниженные требования к объемам инструментальной памяти встроенных агентов-мониторов. Метод может быть положен в основу механизма натурной верификации систем на кристалле.

Ключевые слова: функциональная верификация, СнК, мониторинг, натурные испытания.

Введение

При проектировании систем на кристалле (СнК) с помощью компьютерного моделирования удается обнаружить и исправить порядка 53% ошибок [1]. Значительная часть ошибок проявляется только на этапе натуральных испытаний и в процессе эксплуатации. Больше половины (52%) из них относятся к ошибкам в алгоритмах управления и взаимодействия сложных цифровых функциональных блоков, в число которых входят процессоры, аппаратные ускорители, коммуникационные контроллеры и др.

Процесс натурной верификации таких функциональных блоков состоит из четырех этапов:

1. описание функциональной спецификации;
2. создание набора тестовых воздействий;
3. наблюдение за системой в процессе ее функционирования (мониторинг);
4. проверка результатов наблюдения на соответствие требованиям функциональной спецификации. Узким местом процесса натурной верификации являются ограниченные возможности средств наблюдения. Это увеличивает время и количество тестов, необходимых для обнаружения сбоев.

В настоящей работе предложен метод функционального мониторинга СнК, который, в отличие от существующих подходов, позволяет наблюдать за узлами системы на протяжении длительных периодов непрерывной работы, (дни, недели,

месяцы), а результаты мониторинга достаточны для обнаружения «плавающих» ошибок и ошибок в результате непрогнозируемых внешних воздействий, несколько сбоев за один цикл испытаний, последовательности событий, которая привела к сбою.

Обзор существующих работ

Для наблюдения за поведением функциональных узлов в составе СнК используют специальные агенты-мониторы, встроенные в систему и работающие вместе с ней.

Существующие методы встроенной верификации с использованием журнала событий [2–5], не позволяют вести наблюдение за системой на протяжении длительного времени из-за пропорциональной зависимости размера журнала от времени работы системы и ограниченных ресурсов памяти СнК (единицы-сотни Мбайт).

Проверка системы с использованием мониторов утверждений (assertion-based verification) [6, 7] или мониторов эталонной модели [8] позволяет фиксировать только факт некорректного поведения, но не устанавливать последовательность событий, которая привела к сбою.

Таким образом, при разработке новых методов встроенного функционального мониторинга актуальна задача уменьшения размера данных наблюдения с сохранением возможности анализа причин сбоев.

В настоящей работе предложен оригинальный метод встроенного мониторинга с использованием динамической актуализации поведенческой модели узлов СнК.

Метод динамической актуализации модели поведения

Разработанный метод мониторинга состоит из 5 этапов (шагов) (рис. 1), выполнение которых предполагает преобразование формальных моделей системы между тремя уровнями представления: уровнем алгоритма, уровнем поведения, уровнем актуализации.

Шаг 1: создание спецификации алгоритма



Рис. 1. Структура метода мониторинга с динамической актуализацией модели поведения

Шаг 1. Создается эталонная спецификация алгоритма функционирования системы или ее части. Спецификация задается в виде гетерогенной иерархической модели, структура которой описывается в терминах сети процессов (process network, PN). Каждый процесс определяет поведение сложно-функционального блока (СФ-блока) СнК. Спецификация каждого процесса описывается с помощью моделей детерминированного конечного автомата Мили.

Шаг 2. Производится преобразование модели каждого процесса к модели ожидаемого поведения процесса (model of expected behavior, МЕВ). Модели МЕВ (рис. 2) представляются в виде одного из расширений модели конечного детерминированного автомата – модели системы с помеченными переходами (labelled transition system, LTS), для которой определено множество наблюдаемых событий $E = \{e_0, e_1, \dots\}$. Наблюдаемое событие – факт изменения значений сигналов, доступных для наблюдения, например, сигналов на выходных/выходных портах, значений отдельных регистров.

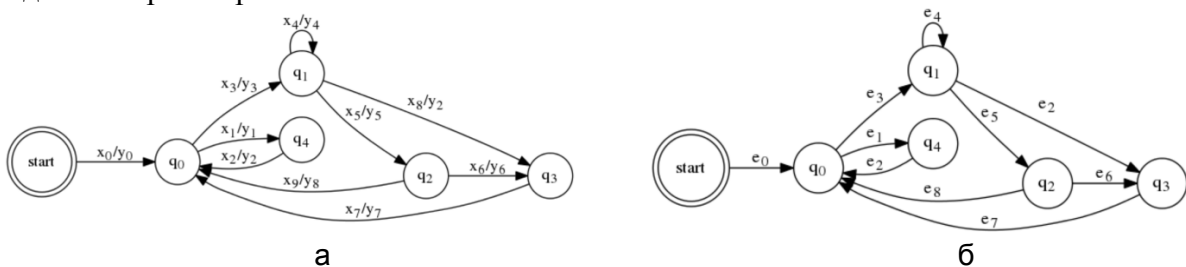


Рис. 2. Поведенческая модель процесса: автомат Мили (а); модель ожидаемого поведения (МЕВ) (б)

Шаг 3. Производится извлечение из моделей МЕВ правил наблюдения – профиля наблюдения. Профиль наблюдения позволяет фиксировать не только шаблоны корректного поведения, соответствующие МЕВ, но и отклонения поведения от нормы. На основе профиля наблюдения производится синтез функциональных мониторов, встраиваемых в СнК. Интеграция (встраивание) мониторов в СнК производится в рамках типовой технологической цепочки создания СнК.

Шаг 4. Производится функциональный мониторинг СнК средствами встроенных мониторов. В процессе функционирования системы встроенные мониторы динамически формируют (актуализируют) в своей внутренней памяти модель поведения для каждого процесса, представленного в исходной спецификации. Модели поведения процессов, создаваемые мониторами, называются актуализированными моделями (АМ) поведения.

Шаг 5. Модели АМ каждого процесса извлекаются из памяти мониторов посредством инструментального диагностического интерфейса и преобразуются в формат моделей наблюдаемого поведения (model of observed behavior, МОВ), эквивалентный формату МЕВ.

Модели МЕВ и МОВ для каждого процесса используются для решения задачи функциональной верификации. При этом в явном виде возможно выявить факты отклонения поведения процесса от нормы (model of faulty behavior, MFB). Ошибки в реализации алгоритмов взаимодействия процессов выявляются в результате обнаружения отказов в работе СФ-блоков, в которых задействованы события, общие для нескольких процессов.

Как сказано выше, в процессе наблюдения в памяти создается модель поведения АМ. При фиксации нового события $e_i \in E$ в памяти монитора сохраняется информация о новом переходе $cur_state \xrightarrow{e_i} state_stamp$ и

модифицируется указатель текущего состояния cur_state . Если информация о переходе уже есть в T_{AM} , то модифицируется только указатель cur_state .

$$T_{AM} = T_{AM} \cup \{cur_state \xrightarrow{e_i} state_stamp\} \quad (1)$$

$$cur_state = state_stamp$$

Переменная $state_stamp$ хранит информацию о текущем состоянии. Возникает задача выделения состояний процесса по данным о событиях. Автором предлагается два метода выделения состояний процесса.

Первый метод использует свойства конечных автоматов, как распознавателей регулярных языков. Состояние определяется через множество слов p , которые приводят автомат в состояние $q \in Q$. Множество слов p языка $L \subset E^*$ образуют класс эквивалентности $\xi \in \Sigma$. Для множества классов эквивалентности определено отображение $\psi: \Sigma \rightarrow Q$, где Q множество состояний модели МЭВ. Для минимальных форм моделей МЭВ функция ψ является биекцией. Состояния процесса выделяются на основе предыстории, т.е. последовательности событий, которые произошли в прошлом. Для моделей МЭВ окно наблюдения, позволяющее различить все достижимые состояния, имеет фиксированный размер $k \leq |Q| - 1$.

$$l_j^{\max} = \max_{i=0}^{|\xi_j|-1} |p_i|, p_i \in \xi_j, \xi_j \in \Sigma \quad (2)$$

$$k = \min_{j=0}^{|\Sigma|-1} l_j^{\max}$$

Процесс наблюдения заключается в сохранении возникающих событий в очереди ev_queue размера k . Информация о текущем состоянии полностью определяется содержимым очереди событий, т.е. $state_stamp = ev_queue$. Мониторы, реализующие данный алгоритм выделения состояний назовем мониторами последовательностей (monitor of sequences, MS).

Второй метод выделения состояний основан на предположении о том, что для многих моделей, при условии, что $k \leq |E|$, можно фиксировать не последовательность событий, а только факты возникновения событий. Такие мониторы назовем мониторами фактов (monitor of facts, MF). В данном случае $state_stamp = set(ev_queue)$. Операция set предполагает получение неупорядоченного множества из последовательности событий, сохраненной в ev_queue , например, $set(e_1 \rightarrow e_2 \rightarrow e_1 \rightarrow e_3) = \{e_1, e_2, e_3\}$. Это позволяет сократить размер модели АМ.

Размер модели уменьшается за счет уменьшения количества недостижимых состояний МЭВ, которые можно различить в модели АМ. Так как время обработки события в алгоритме (1) пропорционально размеру модели АМ, т.е. $O(|T_{AM}|)$, то мониторы MF обладают лучшими показателями производительности по сравнению с MS-мониторами.

Также разработана оптимизированная версия монитора MF, основанная на том, что для различения разных состояний модели МЭВ требуется разный размер окна k , т.е., исходя из (2), $l_i^{\max} \neq l_j^{\max}, i \neq j$. Версию монитора, изменяющего размер окна k в процессе наблюдения, назовем оптимизированным монитором MF (optimized monitor of facts, OMF).

Результаты моделирования работы MS-, MF-, OMF-мониторов при наблюдении за функционированием коммуникационных контроллеров протоколов Modbus и PAR (Positive Acknowledgment with Retransmission) представлены на рис. 3, 4.

На рис. 3 видно, что в установившемся режиме, при функционировании без отказов, размер памяти, необходимый для хранения модели АМ, является фиксированным. Размер указан в условных единицах и определяется как $s+3t$, где s – количество состояний, t – количество переходов модели АМ. Таким образом, для хранения информации об одном состоянии требуется одна условная ячейка памяти, а об одном переходе – три ячейки памяти. ОМФ-монитор позволяет уменьшить размер АМ в 2 раза.

Из рис. 4 видно, что размер модели АМ у MF-монитора в сравнении с MS-монитором уменьшается за счет сокращения количества состояний, сохраняя возможность различения всех достижимых состояний МЭВ.

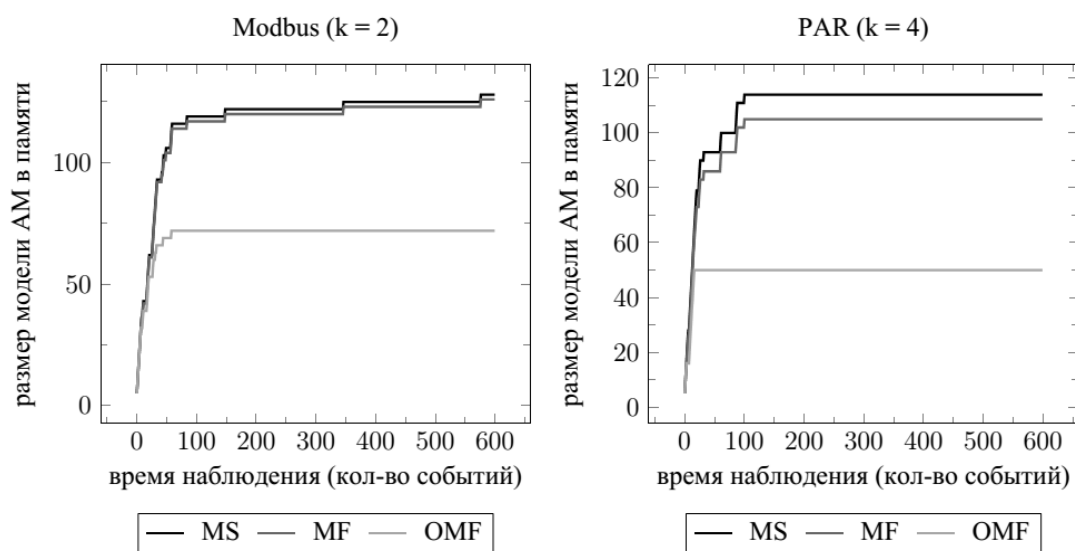


Рис. 3. Зависимость размера модели АМ в памяти от времени наблюдения (функционирование без отказов)

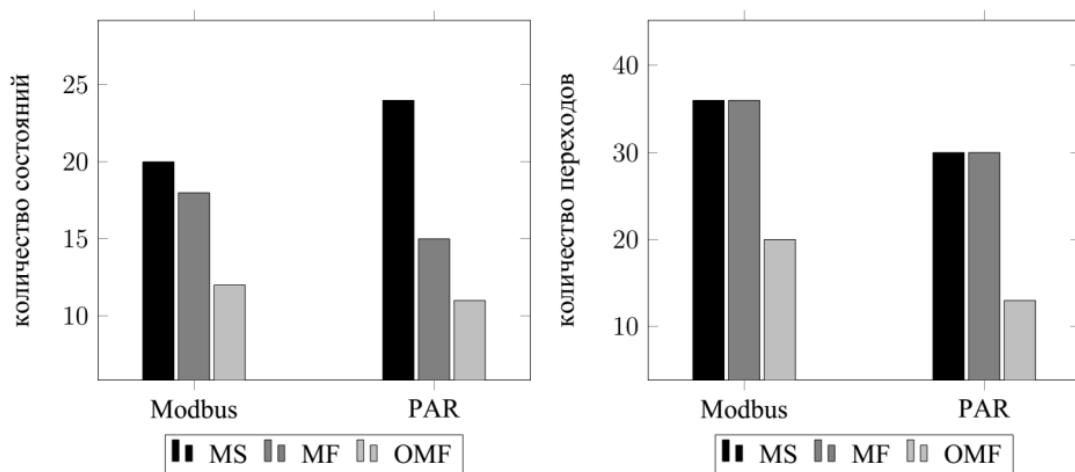


Рис. 4. Сравнение количества состояний и переходов модели АМ для разработанных мониторов

На рис. 5 представлена зависимость размера результатов мониторинга от времени наблюдения для разработанных мониторов в сравнении с существующим методом журналирования (ТМОН) при фиксации однократных сбоев на 100, 150, и 200 событий.

Из рис. 5 видно, что разработанный метод наблюдения позволяет преодолеть прямую зависимость размера результатов мониторинга от времени наблюдения. Размер результатов мониторинга увеличивается только при фиксации новых шаблонов поведения.

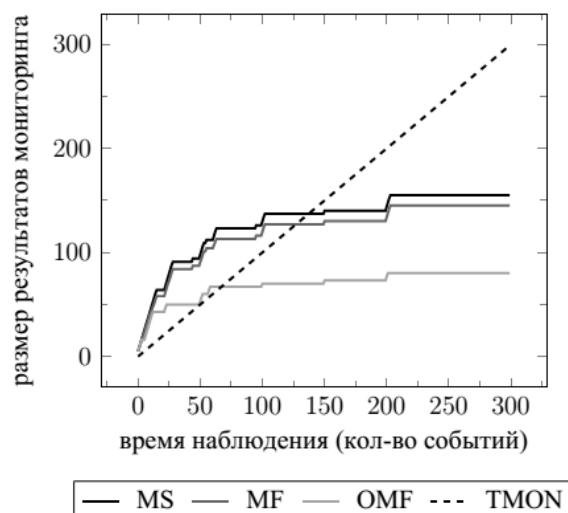


Рис. 5. Зависимость размера результатов мониторинга при фиксации сбоев для разработанных мониторов (MS, MF, OMF) и мониторов журналов (TMON)

Заключение

В работе предложен метод наблюдения за функционированием узлов СнК, который в сравнении с существующими методами позволяет проводить натурную верификацию системы на длительных промежутках времени (дни, недели, месяцы), решая проблему пропорционального роста объема журнала событий от времени наблюдения.

Предложенный метод является частью развиваемой авторами технологии натурной верификации на основе методов динамической актуализации модели поведения. Данная технология включает как непосредственно метод наблюдения, так и средства синтеза аппаратных блоков-мониторов, а также инструментальные средства функциональной верификации СнК на основе моделей ожидаемого и наблюдаемого поведения. Поэтапное развитие данной технологии является перспективной задачей будущих исследований.

Литература

1. Wagner I., Bertacco V. Post-Silicon and Runtime Verification for Modern Processors. – Springer, 2011. – 224 p.
2. Metz E., Lencevicius R., Gonzalez T. Performance data collection using a hybrid approach // Proceedings of the 10th European software engineering conference held jointly with 13th ACM SIGSOFT international symposium on Foundations of software engineering. – 2005. – P. 126–135.
3. Bartocci E., Grosu R. and Karmarkar A. Adaptive Runtime Verification // RV'2012, Runtime Verification. – 2012. – P. 168–182.
4. Stoller S., Bartocci E., Seyster J., Grosu R. Runtime verification with state estimation // Proceedings of RV'2011, Runtime Verification. – 2011. – P. 193–207.
5. Corona-Perez M., Padilla-Zarate G., Santillan L. Improving Trace Analysis Using Ontologies for Hardware Resourcing // Innovations and Advances in Computing, Informatics, Systems Sciences, Networking and Engineering. – 2015. – V. 313. – P. 591–597.
6. Zilic Z., Boule M. Generating Hardware Assertion Checkers: For Hardware Verification, Emulation, Post-Fabrication Debugging and On-Line Monitoring. – Springer, 2010. – 280 p.

7. Hammouda M., Coussy P., Lagadec L. A design approach to automatically synthesize ANSI-C assertions during High-Level Synthesis of hardware accelerators // Proceedings of 2014 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS). – 2014. – P. 165–168.
8. Chupilko M., Kamkin A. Runtime Verification Based on Executable Models: On-the-Fly Matching of Timed Traces // Proceedings of Eighth Workshop on Model-Based Testing (MBT 2013). – 2013. – P. 67–81.

PACS 42.50.Tx, 42.65.Wi, 42.65.Lm

КВАНТОВЫЕ БЛУЖДЕНИЯ И ГЕНЕРАЦИЯ ФОТОННЫХ ПАР В ЗАКРУЧЕННЫХ МАССИВАХ ВОЛНОВОДОВ

Д.Н. Вавулин

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

В работе рассмотрено множество близко расположенных оптических волноводов, которые скручены вокруг центральной оси вдоль направления распространения. Получены уравнения типа Шредингера для бифотонного волнового уравнения с учетом волноводного изгиба через появление дополнительной фазы в коэффициентах связи. Приведен пример эволюции квантового состояния бифотонной пары.

Ключевые слова: квантовая оптика, квантовые блуждания, генерация фотонных пар, закрученные волноводы.

Введение

Квантовые блуждания, в которых участвуют несколько частиц, могут быть использованы для реализации квантовых алгоритмов, которые могут работать быстрее, чем их классические аналоги. Особый интерес представляют квантовые блуждания, в которых взаимодействие нескольких частиц может быть использовано для реализации различных типов моделирования, включая поиск по базе данных [1] и квантовую криптографию [2–4]. Квантовые блуждания фотонов могут быть реализованы в массивах связанных волноводов. В частности, когерентные квантовые явления потенциально могут быть смоделированы в массивах волноводов с замкнутыми граничными условиями [5]. Недавно в фотонно-кристаллическом волокне был продемонстрирован новый тип связанных волноводов с закрученной геометрией [6]. В настоящей работе исследовано влияние закручивания на квантовые блуждания фотонов.

Методы исследования

Нормированный профиль эволюции поля накачки вдоль дистанции распространения z определяется через классические уравнения связанных мод:

$$i \frac{dE_n}{dz} + C(\omega)(\exp[-i\Delta\varphi]E_{n+1} + \exp[i\Delta\varphi]E_{n-1}) = 0, \quad (1)$$

где E_n – комплексная амплитуда поля накачки в n -м волноводе, и E_N – тождественно E_0 , и E_{-1} – тождественно E_{N-1} в соответствии с замкнутыми граничными условиями структуры; n – номер волновода; N – суммарное число волноводов; $\Delta\varphi = \omega d\chi/dz$ – добавочная фаза, которая появляется в связи с закручиванием волноводов, ω – частота, $d\chi/dz$ – периодический профиль волноводного изгиба, $\chi(z)=\chi(z+L)$, где L – период модуляции (изгиба); коэффициент $C(\omega)$ определяет величину связи между соседними волноводами (он характеризует силу дифракции в прямом массиве волноводов с $C_\chi=0$).

В данном случае $d\chi/dz = \text{const}$, так как волноводный профиль изгиба одинаковый для всех значений z .

Генерацию фотонных пар в кубических нелинейных массивах волноводов через спонтанное четырехволновое смешение (СЧВС) при отсутствии нескольких фотонных пар можно охарактеризовать путем эволюции двухфотонной волновой функции $\Psi_{n_s, n_i}(z)$ в уравнении типа Шредингера. Данное уравнение получается из Гамильтониана, и оно имеет вид, похожий на случай квадратично-нелинейной среды [6]:

$$i \frac{d\Psi_{n_s, n_i}}{dz} = -C(\exp[i\Delta\phi]\Psi_{n_s-1, n_i} + \exp[i\Delta\phi]\Psi_{n_s, n_i-1} + \exp[-i\Delta\phi]\Psi_{n_s+1, n_i} + \exp[-i\Delta\phi]\Psi_{n_s, n_i+1}) + i\gamma E_{n_s}^{(p)}(z) E_{n_s}^{(p)}(z) \delta_{n_s, n_i} \exp[i\Delta\beta^{(0)}z] \quad (2)$$

где n_s и n_i – номера волноводов, характеризующие позиции сигнального и холостого фотонов; $E_{n_s}^{(p)}(z)$ – амплитуда накачки в волноводе с номером n_s ; $\Delta\beta$ – линейное фазовое рассогласование из-за эффекта СЧВС в одиночном волноводе; γ – коэффициент нелинейности; δ – дельта-символ Кронекера.

Численная реализация модели

Рассмотрим массив близко расположенных оптических волноводов, которые закручены вокруг центральной оси вдоль направления распространения. Подобная структура, состоящая из трех волноводов, схематически изображена на рис. 1, а. Выведем уравнение типа уравнения Шредингера для двухфотонной волновой функции, учитывая волноводный изгиб через появление дополнительной фазы в коэффициентах связи:

$$i \frac{d\Psi_{n_s, n_i}}{dz} = -C(\exp[i\Delta\phi]\Psi_{n_s-1, n_i} + \exp[i\Delta\phi]\Psi_{n_s, n_i-1} + \exp[-i\Delta\phi]\Psi_{n_s+1, n_i} + \exp[-i\Delta\phi]\Psi_{n_s, n_i+1}) \quad (3)$$

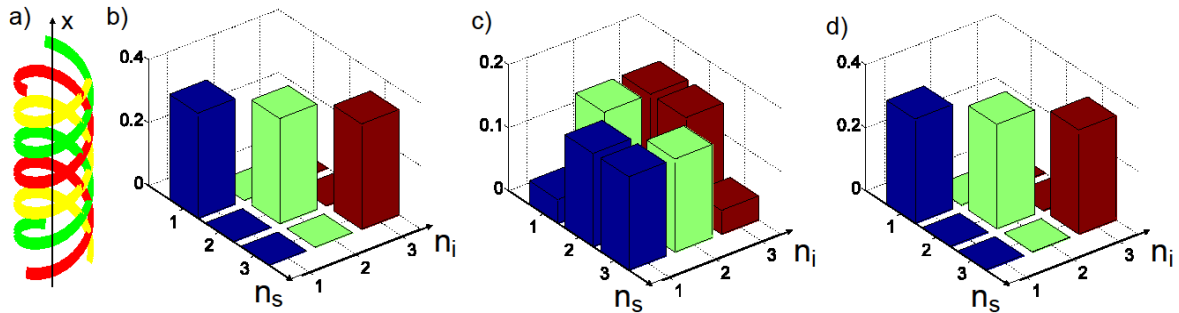


Рис. 1. Схема связанных закрученных волноводов (а). Двухфотонные корреляции ($|\Psi|^2$) между различными волноводами при $z=0$ (b); $z=L/2$ (c); $z=L$ (d)

Приведем пример эволюции квантового двухфотонного состояния на рис. 1, b–d. Рассматриваем условия на входе в виде перепутанного состояния Эйнштейна–Подольского–Розена (ЭПР), в котором два фотона присутствуют вместе с равной вероятностью в любом из волноводов, но фотоны не могут находиться в различных волноводах, как показано на графике корреляции на рис. 1, b. По мере того, как состояние эволюционирует, корреляционные свойства могут быть обращены, и фотоны наиболее вероятно появятся в различных волноводах после определенной дистанции распространения, что показано на рис. 1, c. Интересно, что при дальнейшем распространении начальное состояние может быть почти точно восстановлено, рис. 1, d. Эти особенности можно контролировать, изменяя угол закручивания волноводов.

Также анализируем интегрированную генерацию фотонов и квантовые блуждания, реализованные через спонтанное четырехволновое смешение (СЧВС) в оптических волокнах. Такая система может быть дополнительно адаптирована для получения запутанных состояний с оптическим угловым моментом, которые имеют приложения для квантовых коммуникаций и визуализации.

В данном случае эволюция амплитуды накачки описывается уравнением (1), а уравнение для двухфотонной волновой функции принимает вид (2).

На рис. 2 изображены двухфотонные корреляции ($|\Psi_{n_s, n_i}|^2$), для такой же структуры, как и на рис. 1, но в случае генерации фотонов от СЧВС из-за накачки внутри массива. При $z = 0$ (рис. 2, а) в массиве нет фотонов. На некотором расстоянии (рис. 2, б), сгенерированные фотоны наиболее вероятно будут сгруппированы: появляются в одних и тех же волноводах. На дистанции (рис. 2, с) фотоны анти-группированы: появляются в различных волноводах. Эти особенности можно контролировать с помощью угла закручивания волноводов и профиля амплитуды накачки на входе.

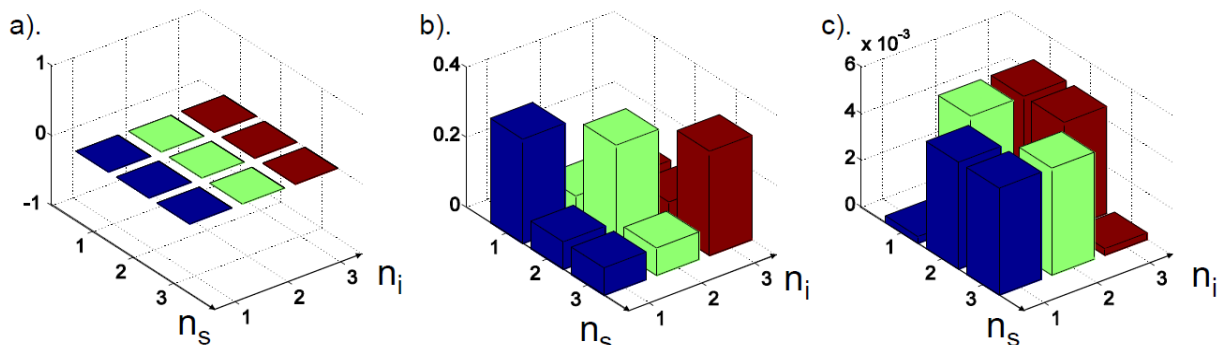


Рис. 2. Двухфотонные корреляции ($|\Psi|^2$) между различными волноводами при генерации фотонов через эффект СЧВС для $z=0$ (а); $z=0,375L$ (б); $z=0,604L$ (с)

Заключение

В работе определены свойства структуры, при которых стало возможно контролировать уровень запутанности квантовых состояний в оптических волокнах, благодаря изменению структурной геометрии системы. Было показано, что корреляционные свойства фотонных пар внутри массива волноводов зависят от уровня закрученности системы и от амплитуды накачки на входе в массив. Это позволит находить применения в квантовой криптографии, квантовом компьютеринге и многих других смежных областях.

Области возможного использования результатов проекта: основное применение – системы квантовой криптографии. Также возможны применения для следующих приложений: квантовые коммуникации (квантовый компьютеринг, квантовые алгоритмы).

Потенциальные потребители:

1. научно-исследовательские лаборатории и группы, университеты (в учебных целях);
2. потребители систем квантовой криптографии (военные и оборонные организации, банковские системы, системы связи и т.д.);
3. для квантовых коммуникаций (квантовый компьютеринг, квантовые алгоритмы).

Литература

1. Hamilton C.S., Kruse R., Sansoni L., Silberhorn C., Jex I. Driven Quantum Walks // Phys. Rev. Lett. – 2014. – V. 113. – P. 083602-5.

2. Owens J.O. et al. Two-photon quantum walks in an elliptical direct-write waveguide array // *New J. Phys.* – 2011. – V. 13. – P. 075003-13.
3. Xi X.M., Wong G.K.L., Frosz M.H., Babic F., Ahmed G., Jiang X., Euser T.G., Russell P.St.J. Orbital-angular-momentum-preserving helical Bloch modes in twisted photonic crystal fiber // *Optica*. – 2014. – V. 1. – P. 165–169.
4. Markin D.M., Solntsev A.S., Sukhorukov A.A. Generation of orbital-angular-momentum entangled biphotons in triangular quadratic waveguide arrays // *Phys. Rev. A*. – 2013. – V. 87. – P. 063814-5.
5. Garanovich I.L., Longhi S., Sukhorukov A.A., Kivshar Yu.S. Light propagation and localization in modulated photonic lattices and waveguides // *Phys. Rep.* – 2012. – V. 518. – P. 1–79.
6. Solntsev A.S., Sukhorukov A.A., Neshev D.N., Kivshar Yu.S. Photon-pair generation in arrays of cubic nonlinear waveguides // *Optics Express*. – 2012. – V. 20. – № 24. – P. 27441.

УДК 535.243

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕРЕНОСА ЭНЕРГИИ В КОМПЛЕКСАХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК С ХЛОРИНОМ Е6

А.К. Вишератина

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

В работе сформированы комплексы полупроводниковых квантовых точек CdSe/ZnS и ZnS:Mn/ZnS с хлорином е6. Спектрально-люминесцентными методами установлены принципиальные отличия в фотофизических свойствах данных комплексов. Различия зависимостей эффективности внутрикомплексного переноса энергии могут быть обусловлены расположением поверхностных состояний в квантовых точках, которые в случае ZnS:Mn/ZnS квантовых точек оказывают меньшее влияние на фотофизические свойства квантовых точек и, следовательно, комплексов на их основе, чем на кадмиевые квантовые точки.

Ключевые слова: наномедицина, фотодинамическая терапия, полупроводниковые нанокристаллы, тетрапиррольные соединения, синглетный кислород.

Введение

Фотодинамическая терапия (ФДТ) является методом лечения онкологических заболеваний [1], основанным на фотодинамическом эффекте, суть которого заключается в совместном действии специальных молекул фотосенсибилизаторов и излучения на раковые клетки. Фотосенсибилизаторы обладают свойством онкотропности, т.е. при введении в организм они способны селективно накапливаться в опухолевых тканях. Под воздействием излучения фотосенсибилизаторы генерируют синглетный кислород, который, в свою очередь, разрушает окружающие раковые клетки [2]. К ярким представителям молекул фотосенсибилизаторов относятся тетрапиррольные соединения и, в частности, хлорин е6 (Ce6), который является основным компонентом препарата для ФДТ «Фотодитазин» [3]. Несмотря на широкое применение тетрапиррольных соединений в клинической практике, они обладают рядом побочных действий, к которым можно отнести ограниченную онкотропность и медленное выведение препарата из организма. Исходя из этого, остается актуальным поиск и создание новых препаратов для ФДТ, которые смогут снизить данные побочные эффекты, уменьшив терапевтические дозы препарата.

В последние десятилетия активно проводятся исследования, направленные на создание комплексов на основе различных наноматериалов с молекулами тетрапиррольного ряда [4–6]. Квантовые точки (КТ) представляют собой полупроводниковые нанокристаллы размером 2–10 нм во всех трех измерениях. Уникальные оптические и химические свойства КТ [7] позволяют формировать новые гибридные структуры с участием тех молекул, которые нужны для конкретных задач. В комплексах с тетрапиррольными соединениями КТ используются в качестве универсальных доноров энергии фотовозбуждения, позволяющих увеличить генерацию синглетного кислорода тетрапирролами по сравнению с их свободной формой [8]. В этой связи в комплексах КТ и Себ большое внимание уделяется исследованию эффективности переноса энергии от КТ к молекулам Себ.

Существует большое число работ, посвященных формированию и исследованию комплексов на основе CdSe/ZnS КТ с тетрапиррольными молекулами [9–11]. К преимуществам данных КТ можно отнести налаженные процедуры их синтеза, которые позволяют изготавливать КТ с минимальной дисперсией по размеру и с точно контролируемыми параметрами. Также CdSe/ZnS КТ обладают собственной экситонной люминесценцией в видимой области спектра, что позволяет использовать их в качестве эффективных доноров энергии в комплексах с Себ. Однако наличие токсичных ионов кадмия в составе данных КТ является серьезным аргументом против их использования в биологических и медицинских приложениях. Биосовместимые КТ на основе сульфида цинка являются новым типом КТ [12]. Сульфид цинка (ZnS) относится к полупроводникам, которые характеризуются большой шириной запрещенной зоны, поэтому полоса фундаментального перехода и экситонная люминесценция у ZnS КТ смещена в ультрафиолетовую область спектра. Это ограничивает использование данных КТ в качестве доноров энергии в комплексах с тетрапирролами. Современные методики коллоидного синтеза позволяют внедрять ионы переходных металлов, например, ионы марганца (Mn^{2+}), в кристаллическую решетку КТ, что позволяет получать биосовместимые нетоксичные ZnS:Mn/ZnS КТ, люминесценция которых наблюдается в видимой области спектра. В связи с этим ZnS:Mn/ZnS КТ могут выступать в роли эффективных доноров энергии в комплексах с тетрапиррольными соединениями для диагностики и фотодинамической терапии онкологических заболеваний. Таким образом, CdSe/ZnS и ZnS:Mn/ZnS КТ принципиально отличаются химическим составом ядра и типом излучательного перехода. Однако в случае, когда данные КТ покрыты одинаковой оболочкой ZnS и их поверхность стабилизирована одинаковыми молекулами, предполагается, что тип связывания и стехиометрия комплексов с Себ в случае их формирования не будут отличаться друг от друга.

Целью работы являлось исследование эффективности переноса энергии в комплексах Себ и КТ, которые характеризуются различными оптическими переходами.

Материалы и методы

Гидрофобные КТ CdSe/ZnS and ZnS:Mn²⁺/ZnS, использованные в данной работе, были изготовлены в результате высокотемпературного органометаллического синтеза с использованием [13] и [14] методик соответственно. Поверхность данных КТ была стабилизирована гидрофобными молекулами ТОРО, обеспечивающими растворимость КТ в органических соединениях. Диаметр ядра CdSe/ZnS КТ, вычисленный согласно [15] составляет ~2,5 нм. Диаметр ядра ZnS:Mn/ZnS КТ согласно литературным данным

составляет $\sim 4,0$ нм [16]. Коэффициенты экстинкции CdSe/ZnS и ZnS:Mn/ZnS КТ: $6,2 \cdot 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ см}^{-1}$ и $2,75 \cdot 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ см}^{-1}$ соответственно. Для получения водорастворимых КТ была применена процедура замены молекул ТОРО гидрофильными молекулами цистеина.

В качестве тетрапиррольного соединения был использован Себ. В первой полосе поглощения Себ (~ 640 нм) его коэффициент экстинкции составляет $3,14 \cdot 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ см}^{-1}$.

Поверхность КТ, стабилизированных цистеином, заряжена положительно, а молекулы Себ в результате диссоциации карбоксильных групп обладают отрицательным зарядом. По этой причине к комплексообразованию может привести простое смешивание растворов КТ и Себ требуемых концентраций.

Спектры поглощения и люминесценции регистрировались с помощью спектрофотометра Shimadzu UV-3600 (Shimadzu Corp., Япония) и спектрофлуориметра Cary Eclipse (Cary, Австралия) соответственно. Исследование кинетики затухания люминесценции образцов проводилось на лазерном сканирующем микроскопе MicroTime 100 (PicoQuant, Германия).

Результаты и обсуждение

Спектральные характеристики CdSe/ZnS КТ демонстрируют, что КТ обладают собственной экситонной люминесценцией. Люминесценция данных КТ характеризуется биэкспоненциальным распадом со стандартными наносекундными временами жизни для данных объектов.

Край фундаментальной полосы поглощения ZnS:Mn/ZnS КТ приходится на 300 нм. Собственная экситонная люминесценция данных КТ полностью потушена в результате переноса энергии на примесные ионы марганца Mn^{2+} , фосфоресценция которых наблюдается в области 590 нм. Таким образом, излучательный переход ZnS:Mn/ZnS КТ представляет собой интеркомбинационный переход между собственными уровнями примесных ионов марганца, времена затухания которого составляют ~ 2 мс.

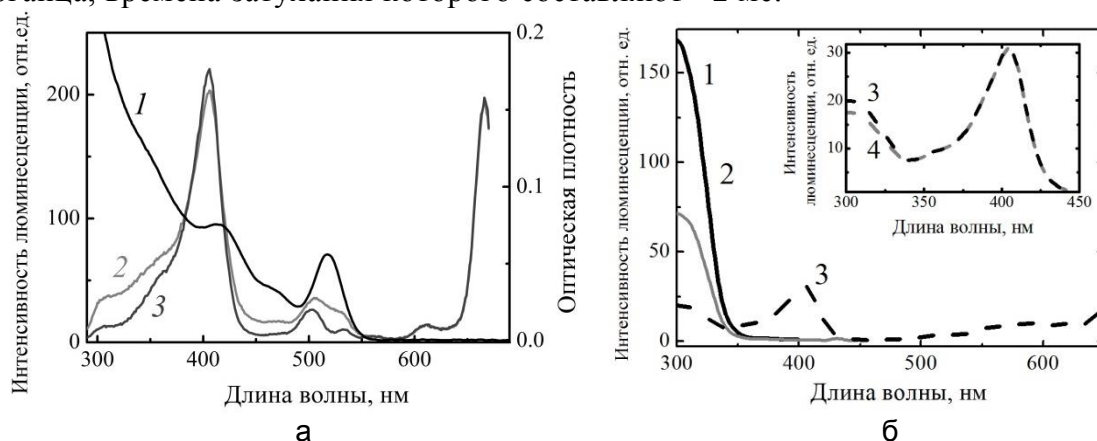


Рис. 1. Спектры CdSe/ZnS КТ и их комплексов с Себ (1 – спектр поглощения КТ; 2 – спектр возбуждения люминесценции комплексов КТ с хлорином еб ($\lambda_{\text{рег}} = 680$ нм); 3 – спектр возбуждения люминесценции Себ ($\lambda_{\text{рег}} = 680$ нм)) (а); спектры ZnS:Mn/ZnS КТ и их комплексов с Себ (1 – спектр поглощения КТ; 2 – спектр возбуждения люминесценции комплексов КТ с Себ ($\lambda_{\text{рег}} = 590$ нм); 3 – спектр возбуждения люминесценции комплексов КТ с Себ ($\lambda_{\text{рег}} = 668$ нм)). На вставке приведены спектры возбуждения люминесценции Себ в комплексах с КТ ($\lambda_{\text{рег}} = 668$ нм): 3 – с учетом вклада люминесценции КТ на длине волны регистрации; 4 – без учета вклада люминесценции КТ на длине волны регистрации) (б)

На рис. 1 приведены спектры возбуждения люминесценции Себ в смеси с CdSe/ZnS и ZnS:Mn/ZnS КТ соответственно, в сравнении со спектром поглощения

данных КТ и спектром возбуждения люминесценции свободных молекул Себ. Из рис. 1 видно, что в спектре возбуждения люминесценции Себ есть вклад полосы поглощения CdSe/ZnS и ZnS:Mn/ZnS КТ соответственно. Это является доказательством наличия эффективного переноса энергии от КТ к Себ в комплексах КТ/Себ.

Зависимости эффективности переноса энергии от CdSe/ZnS и ZnS:Mn/ZnS КТ и квантового выхода люминесценции Себ от относительной концентрации Себ в смешанном растворе приведены на рис. 2 соответственно. При низких концентрациях Себ в смешанных растворах наблюдается перенос энергии от КТ к Себ с эффективностью ~40–50% для обоих типов КТ. Однако увеличение концентрации Себ в смешанном растворе приводит к уменьшению эффективности переноса энергии в случае комплексов на основе CdSe/ZnS. В то время как для комплексов на основе ZnS:Mn/ZnS эффективность переноса энергии не зависит от концентрации Себ в смеси. Различие данных зависимостей может быть обусловлено расположением поверхностных состояний в КТ, которые в случае ZnS:Mn/ZnS КТ оказывают меньшее влияние на фотофизические свойства КТ и, следовательно, комплексов на их основе, чем на кадмиевые КТ.

Также в комплексах наблюдается падение квантового выхода люминесценции Себ при увеличении его относительной концентрации в смешанном растворе. Предполагается, что падение квантового выхода люминесцентных свойств Себ может быть обусловлено его агрегацией на поверхности КТ.

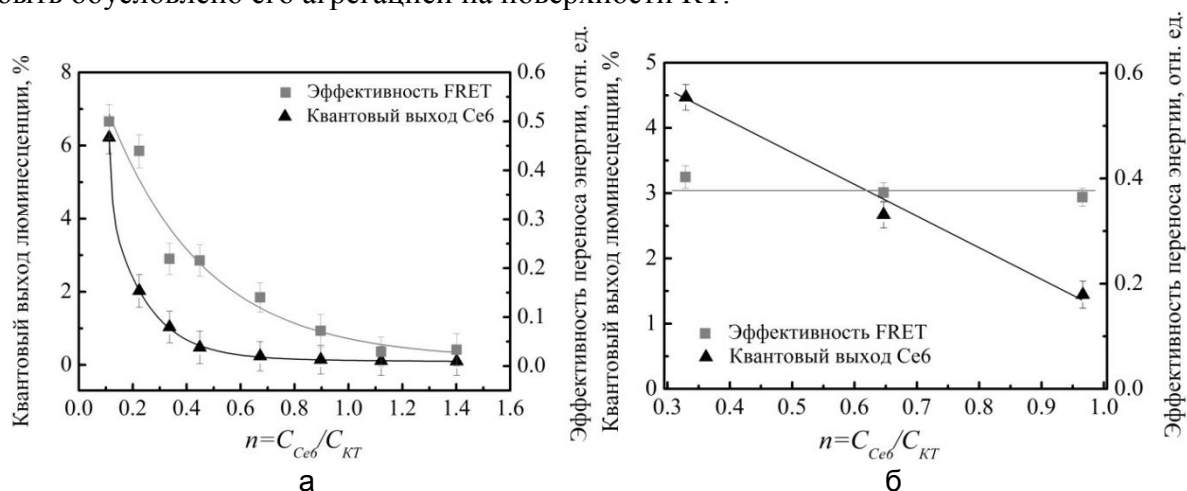


Рис. 2. Зависимость эффективности переноса энергии от CdSe/ZnS (а) и ZnS:Mn/ZnS (б) КТ к Себ и квантового выхода люминесценции Себ от относительной концентрации Себ в смешанном растворе

Заключение

В работе в результате электростатического взаимодействия были сформированы комплексы на основе CdSe/ZnS и ZnS:Mn/ZnS КТ с Себ. При низких относительных концентрациях Себ в смешанном растворе наблюдается внутрикомплексный перенос энергии от КТ к молекулам Себ с эффективностью 40–50%. В случае комплексов на основе CdSe/ZnS КТ увеличение относительной концентрации Себ в смеси приводит к резкому падению эффективности переноса энергии. В случае ZnS:Mn/ZnS КТ эффективность переноса энергии не зависит от относительной концентрации Себ в смешанном растворе. В настоящее время точный механизм концентрационной зависимости эффективности переноса энергии в комплексах с КТ недостаточно полно изучен. Определенную роль в данном процессе могут играть поверхностные состояния, лежащие ниже дна зоны проводимости КТ, появление которых связано с образованием комплексов КТ с молекулами акцептора (в данном случае Себ).

Литература

1. Миронов А.Ф. Фотодинамическая терапия рака – новый эффективный метод диагностики и лечения злокачественных опухолей // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – № 8. – С. 32–40.
2. DeRosa Maria C., Crutchley Robert J. Photosensitized singlet oxygen and its applications // *Coordination Chemistry Reviews*. – 2002. – № 233. – P. 351–371.
3. Гейниц А.В., Баум Р.Ф., Зарецкий А.М. Фотодинамическая терапия в лечебной практике // *Лечащий врач*. – 2005. – № 2. – С. 74–75.
4. Orlova Anna O., Martynenko Irina V., Maslov Vladimir G., Fedorov Anatoly V., Gun'ko Yurii K., Baranov V. Alexander. Investigation of complexes of CdTe quantum dots with the AlOH-sulphophthalocyanine molecules in aqueous media // *The Journal of Physical Chemistry C*. – 2013. – № 44. – P. 23425–23431.
5. Jhonsi M. Asha, Renganathan R. Investigations on the photoinduced interaction of water soluble thioglycolic acid (TGA) capped CdTe quantum dots with certain porphyrins // *Journal of colloid and interface science*. – 2010. – № 2. – P. 596–602.
6. Orlova A.O., Maslov V.G., Stepanov A.A., Gouanko I., Baranov A.V. Formation of QD-porphyrin molecule complexes in aqueous solutions // *Optics and Spectroscopy*. – 2008. – № 6. – P. 889–895.
7. Leutwyler W. Klopfer, Leutwyler Bürgi S., Burgl H. Semiconductor clusters, nanocrystals, and quantum dots // *Science*. – 1996. – № 5251. – P. 933–937.
8. Martynenko I.V., Kuznetsova V.A., Orlova A.O., Kanaev P.A., Maslov V.G., Loudon A., Zaharov V. et al. Chlorin e6–ZnSe/ZnS quantum dots based system as reagent for photodynamic therapy // *Nanotechnology*. – 2015. – № 5. – P. 055102.
9. Qi Zu-De, Dong-Wei Li, Peng Jiang, Feng-Lei Jiang, Yue-Sheng Li, Yi Liu, Wai-Kwok Wong, Kok-Wai Cheah. Biocompatible CdSe quantum dot-based photosensitizer under two-photon excitation for photodynamic therapy // *J. Mater. Chem*. – 2011. – № 8. – P. 2455–2458.
10. Zenkevich Eduard I., Evgenii I. Sagun, Valery N. Knyukshto, Alexander S. Stasheuski, Victor A. Galievsky, Alexander P. Stupak, Thomas Blaudeck, Christian von Borczyskowski. Quantitative analysis of singlet oxygen (1O_2) generation via energy transfer in nanocomposites based on semiconductor quantum dots and porphyrin ligands // *The Journal of Physical Chemistry C*. – 2011. – № 44. – P. 21535–21545.
11. Orlova A.O., Gubanova M.S., Maslov V.G., Baranov A.V., Fedorov A.V. and Artem'ev M.V. Photophysical properties of CdSe/ZnS quantum dot–porphyrin surface complexes in aqueous media // *Theoretical and Experimental Chemistry*. – 2012. – № 1. – P. 62–71.
12. Bhargava R.N., Gallagher D., Hong X., Nurmikko A. Optical properties of manganese-doped nanocrystals of ZnS // *Physical Review Letters*. – 1994. – № 3. – P. 416.
13. Dabbousi B.O., Rodriguez-Viejo J., Mikulec F.V., Heine J.R., Mattoussi H., Ober R., Jensen K.F., Bawendi M.G. (CdSe) ZnS core-shell quantum dots: synthesis and characterization of a size series of highly luminescent nanocrystallites // *The Journal of Physical Chemistry B*. – 1997. – № 46. – P. 9463–9475.
14. Quan Z., Wang Z., Yang P., Lin J., Fan J. Synthesis and characterization of high-quality ZnS, ZnS:Mn²⁺, and ZnS:Mn²⁺/ZnS (core/shell) luminescent nanocrystals // *Inorganic chemistry*. – 2007. – № 4. – P. 1354–1360.
15. Yu W.W., Qu L., Guo W., Peng X. Experimental determination of the extinction coefficient of CdTe, CdSe, and CdS nanocrystals // *Chemistry of Materials*. – 2003. – № 14. – P. 2854–2860.
16. Malik M. Synthesis of TOPO-capped Mn-doped ZnS and CdS quantum dots // *Journal of Materials Chemistry*. – 2001. – № 9. – P. 2382–2386.

**ФАКТОР КРАТНОСТИ СОБСТВЕННЫХ ЧИСЕЛ: ВОПРОСЫ ТЕОРИИ
И ПРИЛОЖЕНИЯ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ****Н.А. Вундер (Полинова)****Научный руководитель – д.т.н., профессор А.В. Ушаков**

В работе рассмотрены дополнительные проблемы развития матричного формализма метода пространства состояний. Известно, что квадратная матрица имеет три алгебраических спектра: коэффициентов ХП, собственных и сингулярных чисел. Основным из них является спектр собственных чисел матрицы состояния системы, структура которого определяет качество процессов в системе в переходном и установившемся режимах. Обнаружилось, что существенным образом эти процессы зависят от кратности собственных чисел и структуры собственных векторов матрицы состояния системы. Исследование этих вопросов применительно к линейным системам составило предмет проведенных исследований.

Ключевые слова: кратность собственных чисел, собственные вектора, линейная система, свободное движение, норма, аппроксимация, звено чистого запаздывания.

Введение

В теории управления существуют две системные парадигмы. Одна из них базируется на исследовании отношения вход–выход (ВВ) системы, она породила концепцию черного ящика, что с использованием частотных представлений дало возможность создать хорошую алгоритмическую базу для синтеза систем типа «одномерный вход–одномерный выход» (ОВОВ) и расчета электрических цепей. Однако эта парадигма не позволила даже для случая линейных систем ответить на вопрос: «Как может быть так, что при одном и том же входном воздействии у системы могут наблюдаться различные отклики?». На этот вопрос дала исчерпывающий ответ вторая системная парадигма, которая опирается на отношение вход–состояние–выход (ВСВ) системы, определив вектор состояния как минимальный набор параметров, полностью снимающий неопределенность отношения вход–выход. Таким образом, парадигма, использующая ВСВ-представление, наделяет состояние свойством памяти динамической системы, обладающей свойством неразрывности и порождающей свойство независимости траекторий от предыстории.

ВСВ парадигма вошла в широкую системную практику в 70-е годы прошлого столетия, в то время как ВВ-представление сделало это в 30-е годы прошлого столетия. Мейнстримом обеих системных парадигм к концу третьей четверти двадцатого столетия стала системная триада «устойчивость, как обязательное условие работоспособности системы – обеспечение требуемого качества процессов – алгоритмическое обеспечение расчетных технологий». Начиная с четвертой четверти прошлого столетия, системная триада превратилась в системную тетраду «устойчивость, как обязательное условие работоспособности системы – обеспечение требуемого качества процессов – робастность в условиях неопределенности – алгоритмическое обеспечение расчетных технологий».

Казалось, мейнстим обеих системных парадигм к началу нового столетия перекрыл полностью все проблемное поле современной теории управления, тем не менее, обнаруживаются и будут обнаруживаться проблемные области теории управления, которые находятся вне мейнстрима системных парадигм. Проблема, вынесенная в название работы, относится к разряду проблемных областей, которые отмечены выше. Решение этой проблемы в работе реализовано в виде причинно-следственной цепочки: «причинный фактор кратности как источник отклонений траекторий свободного движения от монотонности в непрерывных системах – фактор кратности как источник отклонений траекторий свободного движения от монотонности

в дискретных системах – кратные структуры в задачах аппроксимации цепей, содержащих звенья чистого запаздывания».

Причинный фактор кратности как источник отклонений траекторий свободного движения от монотонности в непрерывных системах

Рассматривается линейная непрерывная многомерная динамическая система $\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{F}\mathbf{x}(t)$, $\mathbf{x}(t)|_{t=0} = \mathbf{x}(0)$, где $\mathbf{x}(0), \mathbf{x}(t)$ – вектора соответственно начального и текущего состояний системы; \mathbf{F} – ее матрица состояния; $\mathbf{x}(0), \mathbf{x}(t) \in R^n; \mathbf{F} \in R^{n \times n}$. Матрица системы \mathbf{F} , заданная в произвольном базисе, такова, что ее характеристический полином $D(\lambda)$ имеет представление

$$D(\lambda) = \det(\lambda \mathbf{I} - \mathbf{F}) = \left\{ (\lambda - \alpha)^n = \lambda^n + \sum_{i=1}^n (-1)^i C_n^i \alpha^i \lambda^{n-i}; \alpha : Jm(\alpha) = 0 \right\}. \quad \text{В силу}$$

последнего предположения каноническая форма матрицы, построенная на спектре $\sigma\{\mathbf{F}\}$ собственных чисел матрицы \mathbf{F} будет представлять собой $(n \times n)$ – клетку Жордана $\mathbf{J}(\alpha)$

$$\mathbf{J}(\alpha) = \begin{bmatrix} \alpha & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \alpha & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \alpha \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Матрица в форме Жордана $\mathbf{J}(\alpha)$ порождает автономную непрерывную динамическую систему

$$\dot{\tilde{\mathbf{x}}}(t) = \mathbf{J}(\alpha)\tilde{\mathbf{x}}(t), \quad \tilde{\mathbf{x}}(t)|_{t=0} = \tilde{\mathbf{x}}(0), \quad (2)$$

В свою очередь, жорданова матрица $\mathbf{J}(\alpha)$ в силу (1) может быть представлена в аддитивно декомпозированном виде $\mathbf{J}(\alpha) = \text{diag} \{ \lambda_i = \alpha; i = \overline{1, n} \} + \mathbf{J}(0) = \alpha \mathbf{I} + \mathbf{J}(0)$, где $\mathbf{J}(0)$ – нильпотентная матрица индекса $\nu = n$.

Поставим задачу исследования свободного движения системы (2) по вектору ее состояния в скаляризованной форме. Решение системы (2) $\tilde{\mathbf{x}}(t) = \tilde{\mathbf{x}}(t, \tilde{\mathbf{x}}(0))$ имеет вид

$$\tilde{\mathbf{x}}(t) = \tilde{\mathbf{x}}(t, \tilde{\mathbf{x}}(0)) = \exp \{ \mathbf{J}(\alpha) t \} \tilde{\mathbf{x}}(0). \quad (3)$$

Скаляризацию векторного процесса (3) осуществим на основе мультипликативной коммутруемости матриц $\alpha \mathbf{I}$ и $\mathbf{J}(0)$ так, что $\alpha \mathbf{I} \cdot \mathbf{J}(0) = \mathbf{J}(0) \cdot \alpha \mathbf{I}$ и $\exp \{ \mathbf{J}(\alpha) \cdot t \} = e^{\alpha t} \exp \{ \mathbf{J}(0) \cdot t \}$ а также использования согласованных векторных и матричных норм, в результате чего получим цепочку соотношений

$$\| \tilde{\mathbf{x}}(t) \| = \| \exp \{ \mathbf{J}(\alpha) t \} \tilde{\mathbf{x}}(0) \| \leq e^{\alpha t} \| \exp \{ \mathbf{J}(0) t \} \| \cdot \| \tilde{\mathbf{x}}(0) \|_{\| \tilde{\mathbf{x}}(0) \| = 1} = e^{\alpha t} \sum_{k=0}^{\mu-1} (1/(k!)) t^k. \quad (4)$$

Теперь при фиксированной кратности $\mu = n$ собственного числа $\lambda = \alpha$ поставим задачу оценки знака скорости изменения нормы $\| \tilde{\mathbf{x}}(t) \|$ в момент $t = 0$ как синдрома характера развития процессов в системе в функции от областей значений $\lambda = \alpha$. Дифференцированием по времени выражения (4) получим

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \|\tilde{x}(t)\| &= \frac{d}{dt} \left\{ e^{\alpha t} \sum_{k=0}^{\mu-1} (1/(k!)) t^k \right\} \Big|_{t=0} = \\ &= \left\{ \alpha e^{\alpha t} \sum_{k=0}^{\mu-1} (1/(k!)) t^k + e^{\alpha t} \sum_{k=0}^{\mu-2} (1/(k!)) t^k \right\} \Big|_{t=0} = \alpha + 1. \end{aligned} \quad (5)$$

Ясно одно, что при любом отрицательном значении $\lambda = \alpha$ и при любой его кратности процессы в системе (2) являются сходящимися. Теперь рассмотрим следующие ситуации.

Ситуация 1: $\alpha < 0, |\alpha| > 1$, $\left\{ \frac{d}{dt} \|\tilde{x}(t)\| \right\} \Big|_{t=0} < 0$, процесс $\|\tilde{x}(t)\|$ сходится к нулю и мажорируется экспонентой в форме $\|\tilde{x}(t)\| \leq e^{(\alpha+1)t} \|\tilde{x}(0)\|$.

Ситуация 2: $\alpha = -1$, $\left\{ \frac{d}{dt} \|\tilde{x}(t)\| \right\} \Big|_{t=0} = 0$ начальная скорость нулевая, но при $t > 0$ в силу (5) устанавливается отрицательная скорость.

Ситуация 3 (предмет раздела): $\alpha < 0, |\alpha| < 1$, $\left\{ \frac{d}{dt} \|\tilde{x}(t)\| \right\} \Big|_{t=0} > 0$. Процесс $\|\tilde{x}(t)\|$ на начальном отрезке времени расходится, достигая максимума в момент t_M , определяемый соотношениями

$$t_M = \arg \left\{ \frac{d}{dt} \|\tilde{x}(t)\| = 0 \right\} = \arg \left\{ (1 + \alpha) \sum_{k=0}^{\mu-2} (1/k!) t^k + \alpha (1/(\mu-1)!) t^{(\mu-1)} = 0 \right\}, \quad \text{а далее}$$

сходится к нулю. Таким образом, процесс $\|\tilde{x}(t)\|$ на траекториях свободного движения апериодической системы обнаруживает отклонение от монотонного развития. Величина отклонения численно определяется величиной $\alpha: (\alpha < 0, |\alpha| < 1)$ кратного собственного числа и значением μ его кратности. Очевидно свойство процесса по норме $\|\tilde{x}(t)\|$: чем меньше величина $|\alpha| < 1$ и чем больше его кратность μ , тем больше величина его отклонения над уровнем $\|\tilde{x}(0)\|$.

Причинный фактор кратности как источник отклонений траекторий свободного движения от монотонности в дискретных системах

Рассмотрим линейную дискретную многомерную динамическую систему, задаваемую в векторно-матричной нормальной форме Коши $x(k+1) = \bar{\mathbf{F}}x(k), \mathbf{x}(k) \Big|_{k=0} = \mathbf{x}(0)$, где $\mathbf{x}(0), \mathbf{x}(k)$ – вектора соответственно начального и текущего состояний системы; $\bar{\mathbf{F}}$ – ее матрица состояния; $\mathbf{x}(0), \mathbf{x}(k) \in R^n; \bar{\mathbf{F}} \in R^{n \times n}$. Матрица системы $\bar{\mathbf{F}}$, заданная в произвольном базисе, такова, что ее характеристический полином $D(\bar{\lambda})$ имеет представление $D(\bar{\lambda}) = \det(\bar{\lambda}I - \bar{\mathbf{F}}) = \left\{ (\bar{\lambda} - \bar{\alpha})^n = \bar{\lambda}^n + \sum_{i=1}^n (-1)^i C_n^i \bar{\lambda}^{n-i} \bar{\alpha}^i; \bar{\alpha}: Jm(\bar{\alpha}) = 0 \right\}$, где C_n^i – число сочетаний из n по i .

Тогда каноническая форма матрицы, построенная на спектре $\sigma\{\bar{F}\}$ собственных чисел матрицы \bar{F} будет иметь вид $(n \times n)$ – клетки Жордана $\mathbf{J}(\bar{\alpha})$. Матрица в форме Жордана $\mathbf{J}(\bar{\alpha})$ порождает автономную дискретную динамическую систему

$$\tilde{x}(k+1) = \mathbf{J}(\bar{\alpha})\tilde{x}(k), \tilde{x}(k)|_{k=0} = \tilde{x}(0), \quad (6)$$

В свою очередь, жорданова матрица $\mathbf{J}(\bar{\alpha})$ также может быть представлена в аддитивно декомпозированном виде $\mathbf{J}(\bar{\alpha}) = \text{diag}\{\bar{\lambda}_i = \bar{\alpha}; i = \overline{1, n}\} + \mathbf{J}(0) = \bar{\alpha}\mathbf{I} + \mathbf{J}(0)$, где слагаемые $\bar{\alpha}\mathbf{I}$ и $\mathbf{J}(0)$ обладают свойством мультипликативной коммутативности $\bar{\alpha}\mathbf{I} \cdot \mathbf{J}(0) = \mathbf{J}(0) \cdot \bar{\alpha}\mathbf{I} = \bar{\alpha}\mathbf{J}(0)$.

Решение системы (6) принимает вид

$$\tilde{x}(k) = \tilde{x}(k, \tilde{x}(0)) = (\mathbf{J}(\bar{\alpha}))^k \tilde{x}(0) = (\bar{\alpha}\mathbf{I} + \mathbf{J}(0))^k \tilde{x}(0) = \left(\sum_{i=0}^k C_k^i \bar{\alpha}^{k-i} \mathbf{J}^i(0) \right) \tilde{x}(0). \quad (7)$$

Осуществим скаляризацию векторного процесса (7) на основе использования согласованных векторных и матричных норм в форме

$$\|\tilde{x}(k)\| = \left\| (\mathbf{J}(\bar{\alpha}))^k \tilde{x}(0) \right\| \leq \left\| (\mathbf{J}(\bar{\alpha}))^k \right\| \cdot \left\| \tilde{x}(0) \right\|_{\|\tilde{x}(0)\|=1} = \left\| (\mathbf{J}(\bar{\alpha}))^k \right\| = \bar{\alpha}^k \sum_{i=0}^{n-1} C_k^i \bar{\alpha}^{-i}. \quad (8)$$

Ясно одно, что при любом положительнозначном собственном числе $\lambda = \bar{\alpha} < 1$ и при любой его кратности $\mu = n = \dim(x)$ в силу выполнения для (8) условия $\lim_{k \rightarrow \infty} (\|\tilde{x}(k)\|) = 0$ процессы в системе (6) являются сходящимися.

Поставим задачи исследования возможности появления отклонения траектории дискретной системы (6) по норме ее вектора состояния свободного движения (8) от монотонного развития и оценки величины этого отклонения. Решение поставленных задач свяжем с исследованием поведения первой правой разности нормы $\left\| (\mathbf{J}(\bar{\alpha}))^k \right\|$ матрицы состояния $(\mathbf{J}(\bar{\alpha}))^k$ системы (6) $\Delta \left\| (\mathbf{J}(\bar{\alpha}))^k \right\| = \left\| (\mathbf{J}(\bar{\alpha}))^{k+1} \right\| - \left\| (\mathbf{J}(\bar{\alpha}))^k \right\|$. Эти исследования проведем для двух значений дискретного времени k . Первым из которых является $k=0$, с целью оценки значения параметра $\bar{\alpha}$ на предмет возможности справедливости неравенства

$$\Delta \left\| (\mathbf{J}(\bar{\alpha}))^k \right\|_{k=0} > 0. \quad (9)$$

Вторым из которых является $k = k^*$, удовлетворяющий условию $k^* = \arg \left\{ \left\| (\mathbf{J}(\bar{\alpha}))^k \right\|_{k=k^*} = \max_k \left\| (\mathbf{J}(\bar{\alpha}))^k \right\| \right\}$.

В раскрытом виде соотношение (9) принимает вид $\Delta \left\| (\mathbf{J}(\bar{\alpha}))^0 \right\| = \left\| (\mathbf{J}(\bar{\alpha}))^1 \right\| - \left\| (\mathbf{J}(\bar{\alpha}))^0 \right\| = \bar{\alpha}^1 \sum_{i=0}^{n-1} \frac{1!}{i!(1-i)!} \bar{\alpha}^{-i} - \bar{\alpha}^0 \sum_{i=0}^{n-1} \frac{0!}{i!(0-i)!} \bar{\alpha}^{-i} = \bar{\alpha} + 1 - 1 = \bar{\alpha}$,

из которого видно: первое, что исследование оказывается корректно только при $n \geq 2$; второе, что при любых $\bar{\alpha} : \bar{\alpha} > 0 \& |\bar{\alpha}| < 1$ система в жордановой форме матрицы состояния будет обнаруживать в точке $k=0$ положительность первой правой разности, а потому тенденцию к отклонению от монотонной сходимости траекторий по норме.

Кратные структуры в задачах аппроксимации цепей, содержащих звенья чистого запаздывания

Звеном чистого запаздывания (ЗЧЗ) называется динамическое звено, характеризующееся тем, что его выходной сигнал $y(t)$ повторяет входной $g(t)$ с задержкой на величину τ так, что выполняется соотношение $y(t) = g(t - \tau)$. ЗЧЗ как структурный элемент динамической системы характеризуется соответственно передаточной $W_{\text{чз}}(s)$ и переходной функциями $h_{\text{чз}}(t)$, имеющими вид $W_{\text{чз}}(s) = \exp(-\tau s)$, $h_{\text{чз}}(t) = 1(t - \tau)$.

Нетрудно видеть, что приведенные аналитические описания ЗЧЗ не представимы аппаратными средствами метода пространства состояния (МПС) для непрерывных систем. В этой связи встает задача аппроксимации ЗЧЗ с помощью аппаратных средств МПС.

Решение этой проблемы начнем с рассмотрения дискретной системы (рисунок) в виде последовательной цепочки элементов задержки (ЭЗ) числом, равным ν , так, что она при интервале дискретности Δt осуществляет задержку сигнала на величину

$$\tau = (\Delta t) \cdot \nu. \quad (10)$$

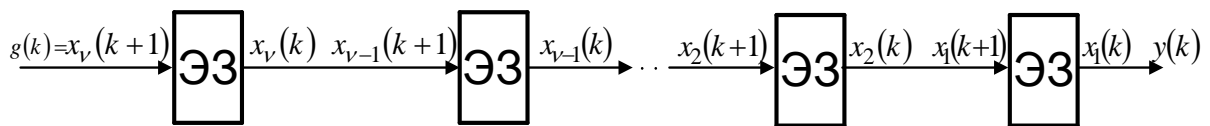


Рисунок. Дискретная система

Очевидно, дискретная система описывается системой рекуррентных уравнений

$$\left. \begin{array}{l} x_v(k+1) = g(k) \\ x_{v-1}(k+1) = x_v(k) \\ \vdots \\ x_2(k+1) = x_3(k) \\ x_1(k+1) = x_2(k) \\ y(k) = x_1(k) \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} x_v(k+1) - x_v(k) = g(k) - x_v(k) \\ x_{v-1}(k+1) - x_{v-1}(k) = x_v(k) - x_{v-1}(k) \\ \vdots \\ x_2(k+1) - x_2(k) = x_3(k) - x_2(k) \\ x_1(k+1) - x_1(k) = x_2(k) - x_1(k) \\ y(k) = x_1(k) \end{array} \right\}. \quad (11)$$

Запишем правую часть выражения (11) в эквивалентной форме

$$\left. \begin{array}{l} x_v(k+1) - x_v(k) = g(k) - x_v(k) \\ x_{v-1}(k+1) - x_{v-1}(k) = x_v(k) - x_{v-1}(k) \\ \vdots \\ x_2(k+1) - x_2(k) = x_3(k) - x_2(k) \\ x_1(k+1) - x_1(k) = x_2(k) - x_1(k) \\ y(k) = x_1(k) \end{array} \right\}. \quad (12)$$

Продолжим преобразование исходной записи для чего левую и правую части уравнения (12) поделим на интервал дискретности Δt

$$\left. \begin{aligned}
\frac{x_v(k+1) - x_v(k)}{\Delta t} &= \frac{g(k)}{\Delta t} - \frac{x_v(k)}{\Delta t} \\
\frac{x_{v-1}(k+1) - x_{v-1}(k)}{\Delta t} &= \frac{x_v(k)}{\Delta t} - \frac{x_{v-1}(k)}{\Delta t} \\
&\vdots \\
\frac{x_2(k+1) - x_2(k)}{\Delta t} &= \frac{x_3(k)}{\Delta t} - \frac{x_2(k)}{\Delta t} \\
\frac{x_1(k+1) - x_1(k)}{\Delta t} &= \frac{x_2(k)}{\Delta t} - \frac{x_1(k)}{\Delta t} \\
y(k) &= x_1(k)
\end{aligned} \right\}. \quad (13)$$

Учтем, что дискретное время k , выраженное в числе интервалов дискретности длительностью Δt , связано с непрерывным временем t соотношением $t = k \cdot (\Delta t)$, а $(k+1)\Delta t = t + \Delta t$. Если теперь воспользоваться приближенным представлением производной $\dot{x}_j(t) = \frac{dx_j(t)}{dt} \cong \frac{x_j(t + \Delta t) - x_j(t)}{\Delta t}$, то система (13) получит представление

$$\left. \begin{aligned}
(\Delta t)\dot{x}_v(t) + x_v(t) &= g(t) \\
(\Delta t)\dot{x}_{v-1}(t) + x_{v-1}(t) &= x_v(t) \\
(\Delta t)\dot{x}_2(t) + x_2(t) &= x_3(t) \\
(\Delta t)\dot{x}_1(t) + x_1(t) &= x_2(t) \\
y(t) &= x_1(t)
\end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned}
((\Delta t)p + 1)x_v(t) &= g(t) \\
((\Delta t)p + 1)x_{v-1}(t) &= x_v(t) \\
((\Delta t)p + 1)x_2(t) &= x_3(t) \\
((\Delta t)p + 1)x_1(t) &= x_2(t) \\
y(t) &= x_1(t)
\end{aligned} \right\}, \quad (14)$$

где p – оператор дифференцирования.

Система (14) позволяет записать для выходной переменной $y(t)$ звена задержки на величину $\tau = (\Delta t) \cdot v$

$$y(t) = \frac{1}{((\Delta t)p + 1)^v} g(t) \cong g(t - \tau). \quad (15)$$

Соотношение (15) является алгоритмической основой для решения задачи аппроксимации динамических цепей [2], содержащих звенья чистого запаздывания, биномиальными кратными структурами. Причем динамическое звено с передаточной

функцией $W_{\text{чз}}(s) = \frac{1}{(Ts + 1)^v}$ будем именовать биномиальным аппроксимантом

динамических последовательных цепей, содержащих звенья чистого запаздывания.

Заключение

Таким образом, с помощью процедур скаляризации векторных процессов в виде их норм осуществлено исследование фактора кратности собственных чисел матрицы состояния непрерывных и дискретных линейных систем как источника отклонений траекторий свободного движения от монотонности по норме вектора свободного движения системы. Также заложена алгоритмическая основа применения кратных структур в задачах аппроксимации цепей, содержащих звенья чистого запаздывания. Темой дальнейших исследований является «Кратность собственных значений матрицы состояния и задержка в передаче сигналов как системные факторы в теории непрерывных и дискретных систем».

Литература

1. Полинова Н.А., Акунов Т.А., Дударенко Н.А. Кратность собственных чисел матрицы состояния апериодической системы как причинный фактор появления выбросов в траекториях по норме вектора состояния свободного движения и системного вырождения // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. – 2014. – С. 173–182.
2. Дударенко Н.А., Полинова Н.А., Сержантова М.В., Ушаков А.В. Кратные биномиальные структуры в задаче аппроксимации динамических цепей, содержащих звено чистого запаздывания // Изв. вузов. Приборостроение. – 2014. – Т. 57. – № 7. – С. 12–17.

УДК 664.6

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ ЧАЙНОГО ГРИБА *MEDUSOMYCES GISEVI*

О.В. Головинская

Использование культуральной жидкости гриба *Medusomyces gisevi* как источника органических кислот и антибиотика может быть эффективно в технологии приготовления пшеничного хлеба, однако возникает проблема получения необходимого количества культуральной жидкости, для решения которой необходимо налаживание промышленного производства продукта. Однако для этого потребуются знание кинетики протекания метаболических процессов в культуральной среде в период развития гриба. Авторами была проведена математическая обработка экспериментальных данных, из которых были получены уравнения кинетики развития биологических процессов при культивировании чайного гриба *Medusomyces gisevi*.

Введение

Культуральная среда, в которой развивается чайный гриб, представляет собой водный экстракт чайного листа, содержащий определенное количество сахарозы. Этот настой издавна пользуется широкой популярностью в быту в качестве тонизирующего напитка и народного средства против различных заболеваний. Эффективность применения жидкости чайного гриба как напитка против многих болезней упоминается в работах Beth Ann Petro [1], на антибактериальные и антибиотические свойства гриба обращает внимание Л.Т. Даниелова [2].

Причиной столь важных свойств напитка, представляющих интерес для медицины и косметологии, служит то обстоятельство, что гриб *Medusomyces gisevi* является продуцентом многих органических кислот и веществ, обладающих антибактериальными свойствами. Настой чайного гриба может применяться в вино-водочной (напиток Hongo или Kombucha), молочной промышленности (закваски для кисломолочных продуктов с лечебными свойствами) [1, 3].

Напиток Hongo представляет собой прозрачную жидкость светло-желтого цвета с приятным кисловатым вкусом и запахом моченых яблок. Жидкость имеет $pH=2,8-3,5$; титруемая кислотность – $120-250^{\circ}T$; в течении 30 мин выдерживает кипячение и температуру $112^{\circ}C$; в холодильных условиях сохраняется неопределенно долго, а при комнатной температуре в закупоренных бутылках сохраняется более 5 лет [3]. Напиток вызывает бактерицидное действие не только под действием неразведенного напитка, но и во всех испытуемых разведениях (1:2–1:25) при экспозиции от 2 до 48 ч. Исследования свидетельствуют о широком ее спектре антибактериального действия, как на грамположительные, так и на грамотрицательные микроорганизмы, в связи с чем ее назвали «Бактерицидин» [3, 4].

Использование культуральной жидкости гриба как источника органических кислот и антибиотика с целью интенсификации процесса созревания теста и повышения микробиологической стойкости готового изделия может быть эффективно в технологии приготовления пшеничного хлеба [5].

При использовании гриба *Medusomyces gisevi* в технологии приготовления пшеничного хлеба потребуется примерно 40 л продуктов его метаболизма на 1 т хлеба. По этой причине возникает проблема получения необходимого количества культуральной жидкости, для решения которой необходимо налаживание промышленного производства продукта. Однако для этого потребуется знание кинетики протекания метаболических процессов в культуральной среде в период развития гриба. К сожалению, подобные сведения в литературе обнаружены не было.

В связи с указанными обстоятельствами были поставлены две цели. Во-первых, провести экспериментальные исследования по изучению кинетики протекания биологических процессов в культуральной жидкости гриба *Medusomyces gisevi* при его культивировании поверхностным способом. Во-вторых, на основе опытных данных получить уравнения, адекватно описывающие течение и скорость процесса накопления продуктов метаболизма в среде. Уравнения требуются для прогнозирования хода процесса и выбора необходимого времени культивирования.

О кинетике протекания биологических процессов можно судить по скорости изменения титруемой кислотности питательной среды и массы мицелия гриба в процессе культивирования.

Методика проведения исследований заключалась в следующем. В питательную среду, содержащую сахарозу и настой чая внесли мицелий гриба. Культивирование проводили при температуре 20–25°C. Ежедневно измеряли титруемую кислотность питательной среды и толщину мицелия гриба. Результаты культивирования представлены на рис. 1. Из рис. 1, а, отчетливо видно, что с 22 суток нарастание кислотности культуральной жидкости перестает меняться. На бытовом уровне этот факт не имеет какого-либо значения. Но для предприятия, которое собирается производить напиток и продавать его на рынке, установление времени окончания процесса культивирования имеет первостепенное значение, так как от этого зависят его производительность и, в конечном итоге, прибыль.

В результате математической обработки опытных данных было получено уравнение, описывающее изменения титруемой кислотности во времени, сложного экспоненциального вида, имеющее название Weibull Model (название модели заимствовано из компьютерной программы CurveExpert).

$$k = a - b \cdot e^{-(\mu \cdot \tau)^\delta}, \quad (1)$$

где k – титруемая кислотность, °Т; τ – время культивирования, сут; μ – удельная скорость изменения кислотности, 1/сут; δ – показатель степени; a – предельное значение кислотности, °Т.

Величина b в уравнении (1) представляет собой разность между максимальным значением кислотности и начальным, т.е. $b = a - k_n$, где k_n , соответствует начальной кислотности °Т при $\tau = 1$ (рис. 1, а). Численные значения параметров a , b , и d находятся экспериментально.

Предположительно на кинетику изменения кислотности культуральной жидкости оказывает влияние масса гриба $m_T = f \cdot h \cdot \rho$. Так как площадь (f) занимаемая грибом и его плотность (ρ) в течение опытов оставались постоянными, то за изменением массы гриба в процессе культивирования можно следить по изменению его толщины (h). На рис. 1, б, показано изменение толщины мицелия гриба в процессе культивирования, в безразмерном виде $\bar{h} = h/h_n$, при начальной толщине $h_n = 2$ см.

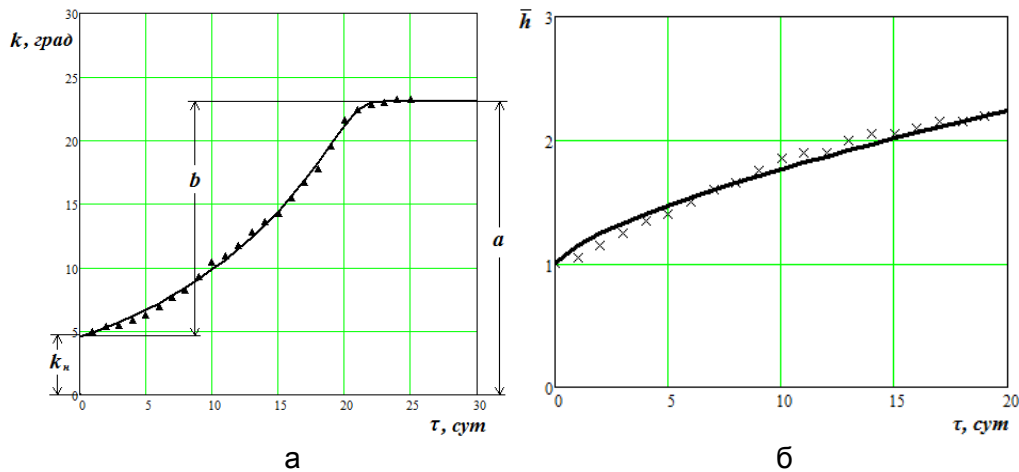


Рис. 1. Изменение: титруемой кислотности в процессе культивирования (а); толщины мицелия гриба в процессе культивирования (б)

Как уже отмечалось, уравнение экспоненциальной зависимости получено из предположения, что изменение биомассы Δx во времени $\Delta \tau$ прямо пропорционально ее концентрации в культуральной среде x и времени, т.е.

$$\Delta x = \mu x \Delta \tau \text{ или } \frac{\Delta x}{\Delta \tau} = \mu x, \quad (2)$$

где μ – коэффициент пропорциональности, называемый локальной удельной скоростью прироста биомассы.

Но такая гипотеза не всегда соблюдается, и более правильным было бы записать уравнение (2) в виде равенства:

$$\Delta x = k x^m \Delta \tau. \quad (3)$$

Переходя к дифференциальной форме, запишем

$$\frac{dx}{d\tau} = k x^m. \quad (4)$$

Коэффициент k аналогичен удельной скорости μ в уравнении (2), а показатель степени m характеризует изменение скорости прироста биомассы во времени. При $m=0$ скорость прироста будет постоянной. При $m=1$ $k=\mu$, и после интегрирования уравнения (4) мы получим в итоге уравнение экспоненты. Таким образом, уравнение (2) является частным случаем уравнения (3).

После интегрирования уравнения (4), в пределах от $x = x_i$ до $x = x_{i+1}$ и от $\tau = \tau_i$ до $\tau = \tau_{i+1}$, и приведения конечного выражения к безразмерному виду, получим степенное уравнение:

$$x_{bi}^{1-m} = \frac{(1-m)k}{x_i^{1-m}} (\tau_{i+1} - \tau_i) + 1, \quad (5)$$

где $x_{bi} = x_{i+1} / x_i$ – локальное изменение биомассы в среде в промежутке времени $\Delta \tau_i = \tau_{i+1} - \tau_i$.

При определении средних величин прироста биомассы от $x = x_n$ до произвольного значения x за период времени от $\tau = 0$ до τ , уравнение (5) приводится к виду:

$$x_b = (1 + \delta \tau)^{\frac{1}{1-m}}. \quad (6)$$

Обозначив показатель степени в правой части равенства (6) через m_1 , запишем

$$x_b = (1 + \delta \cdot \tau)^{m_1}. \quad (7)$$

Коэффициент пропорциональности δ и показатель степени m или m_1 находятся экспериментально.

Уравнение степенного вида, подобное уравнению (7), можно получить эмпирически [6].

В любой момент времени концентрацию биомассы в культуральной среде можно представить в виде суммы начальной величины x_n и прироста биомассы Δx , т.е. мы вправе записать

$$x = x_n + \Delta x, \quad (8)$$

где Δx – прирост биомассы в промежутке времени от $\tau=0$ до $\tau=\tau_i$, в общем случае зависящий от времени, и может быть представлен в виде пропорциональности $\Delta x \sim \tau^n$. С учетом пропорциональности уравнение (8) примет вид:

$$x = x_n + k_1 \tau^n, \quad (9)$$

где k_1 – коэффициент пропорциональности.

Разделив обе части равенства (9) на x_n и обозначив отношение $k/x_n = \gamma^n$, из уравнения (9) получим:

$$x_b = 1 + (\gamma\tau)^n, \quad (10)$$

где γ и n – параметры, определяемые экспериментально.

Таким образом, мы вместо уравнения (7) получили степенную зависимость концентрации от времени (10). Преимущество уравнения (10) перед уравнением (7) заключается в том, что входящим в уравнение (10) параметрам проще придать вполне определенный физико-биологический смысл. Если в указанных уравнениях параметрам m_1 и n можно придать один и тот же смысл – темп изменения функции $x(\tau)$, т.е. изменение скорости протекания биологического процесса во времени, то с параметрами δ и γ дело обстоит сложнее. Можно сказать, что δ и γ представляют собой удельную скорость прироста биомассы относительно начальной концентрации в промежутке времени от $\tau=0$ до $\tau=\tau_i$. Однако в отличие от δ , из уравнения (10) можно легко доказать, что величина $1/\gamma = \tau_u$ есть время удвоения функции $x(\tau)$ при изменении ее аргумента от $\tau=0$ до $\tau=\tau_u$.

Время удвоения биомассы играет важную роль в прогнозировании процесса культивирования некоторых микроорганизмов. Так, при производстве пекарских дрожжей время удвоения биомассы остается постоянной в достаточно длительном промежутке времени процесса культивирования. Исходя из этого, получив на основе опытных данных уравнение для расчета γ , можно будет определить τ_u . Зная время удвоения, легко рассчитать при заданной начальной концентрации биомассы время достижения необходимой конечной концентрации. Учитывая указанные обстоятельства, в дальнейшем мы будем чаще обращаться к уравнению (10), так как определение времени удвоения концентрации целевого компонента из уравнения (7) задача более сложная.

Для описания кинетики прироста биомассы гриба, в пределах изменения h_n от 1 до 4 см, было выбрано уравнение степенного вида:

$$\bar{h} = 1 + (\gamma \cdot \tau)^n, \quad (11)$$

где \bar{h} – текущее безразмерное значение толщины мицелия гриба; γ – удельная скорость прироста массы гриба; n – показатель степени, характеризующей изменение скорости прироста биомассы гриба во времени. Опыты показали, что в

пределах, ограниченных условиями эксперимента, можно принять $\gamma = 0,068$ и $n = 0,95$.

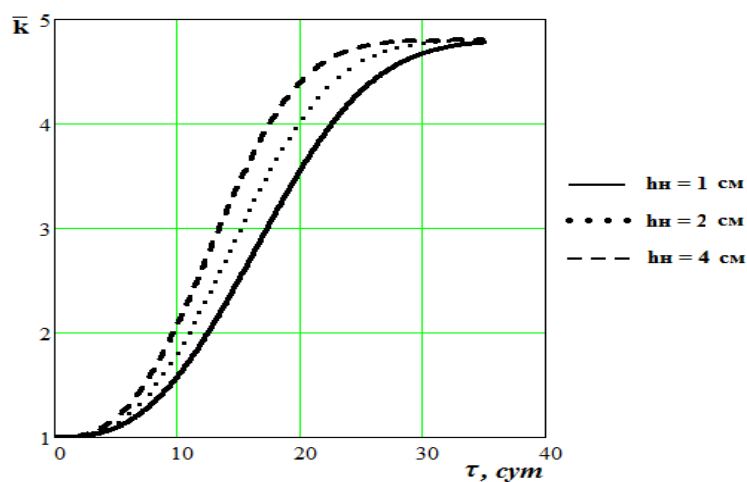
Опыты подтвердили влияние массы гриба на скорость протекания биологических процессов. В уравнении (1) от начальной толщины мицелия гриба зависит удельная скорость его прироста μ , значения других параметров можно принять постоянными: $a = 24$, $b = 19$, $\delta = 2,75$. Для вычисления μ получено эмпирическое уравнение

$$\mu = 0,055 \cdot (\bar{h})^{0,171}. \quad (12)$$

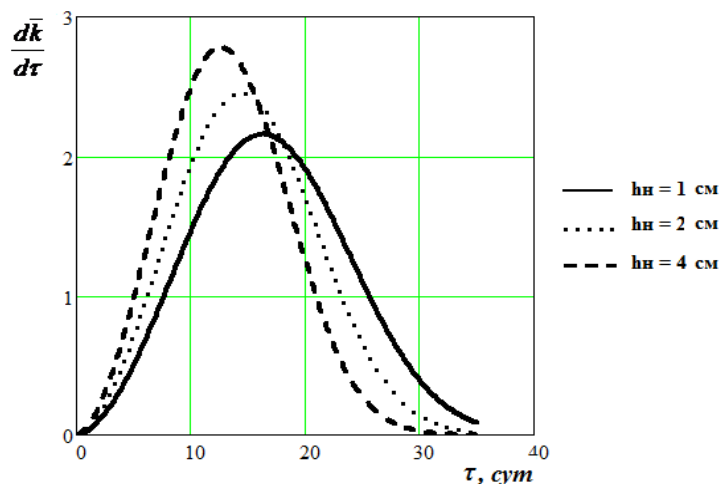
В целях поиска более общей математической модели кинетики биологических процессов, приведем уравнение (1) к безразмерному виду, разделив обе части на величину $k_n = a - b$

$$\frac{\bar{k}}{k} = \frac{a - b \cdot e^{-(\mu\tau)^\delta}}{a - b}. \quad (13)$$

В уравнении (13) $\mu\tau$ вычисляется по уравнению (12). Уравнение (12) важно еще и потому, что в процессе культивирования масса гриба постоянно растет. Следовательно, будет меняться во времени и скорость накопления органических кислот. Таким образом, уравнение (12) позволяет учесть в математической модели нестационарность процесса.



а



б

Рис. 2. Изменение кислотности в процессе культивирования при различных h_n (а); зависимость скорости изменения кислотности от толщины мицелия гриба (б)

В графическом виде функция $\bar{k}(\tau)$ при различных начальных толщинах мицелия гриба представлена на рис. 2, а.

С практической точки зрения процесс накопления органических кислот при культивировании чайного гриба следует контролировать до момента времени, при котором скорость увеличения кислотности достигнет максимальной величины и дальнейшее проведение процесса культивирования нецелесообразно.

Максимум скорости накопления кислот в безразмерном виде можно определить, взяв производную функции $\bar{k} = f(\tau)$.

$$\frac{d\bar{k}}{d\tau} = \frac{b\mu^\delta d\tau^{\delta-1} \cdot e^{-(\mu \cdot \tau)^\delta}}{a-b}. \quad (14)$$

В графическом виде изменение скорости биологических процессов во времени при различных значениях h_n показано на рис. 2, б.

Из рис. 2, б, видно, что скорость изменения кислотности от времени при различной начальной толщине мицелия гриба имеет четко выраженный максимум, который увеличивается с увеличением начальной толщины мицелия гриба, а время достижения этого максимума, уменьшается. Время достижения максимума может быть найдено из уравнения (14) приравниванием его к нулю.

Согласно рис. 2, б, время культивирования в условиях промышленного производства можно ограничить 13–15 сутками без какого либо ухудшения качества напитка.

Заключение

Можно считать, что полученная на основе опытных данных система эмпирических уравнений (1), (11)–(14) является математической моделью протекания биологических процессов при культивировании гриба *Medusomyces gisevi*.

Проведенные исследования позволяют перейти к расчетам и проектированию установки по получению культуральной жидкости и использованию ее в хлебопечении.

Литература

1. Beth Ann Petro. The Book of Kombucha. – Ulysses Press, 1996. – 147 p.
2. Даниелян Л.Т. Чайный гриб и его биологические особенности. – М.: Медицина, 2005. – 83 с.
3. Казаринова А. Чайный гриб – ваш семейный доктор. – СПб.: ИД «ВЕСЬ», 2003. – 128 с.
4. Анисимова Т.Б. Чайный гриб, плесени и дрожжи. – Изд-во: Феникс, 2000. – 128 с.
5. Головинская О.В., Федорова Р.А. Хлеб функционального назначения с добавкой настоя чайного гриба // Хлебопечение России. – 2011. – № 6. – С. 22–23.
6. Тишин В.Б. Культивирование микроорганизмов: кинетика, гидродинамика, тепломассообмен. – СПб.: Изд-во «РАПП», 2012. – 181 с.

ВЛИЯНИЕ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА

А.А. Горовой

В условиях серьезных территориальных различий в уровнях социально-экономического развития регионов критерием успешности согласования интересов бизнеса, властей можно считать уровень развития социальной инфраструктуры, доступной жителям городских и сельских поселений региона, поскольку именно возможность удовлетворения всего комплекса потребностей обеспечивает стабильность численности и воспроизводство населения региона.

Становление социальной инфраструктуры как категории экономической науки

Социальная инфраструктура начала свое развитие после становления основных отраслей хозяйства, что, на взгляд авторов, вызвано ее подчиненной ролью в национальных и региональных экономических системах. Генезис социальной инфраструктуры связан с научно-техническим и экономическим прогрессом, следствием которого явилось нарастание интеграционных процессов, углубляющаяся кооперация и специализация производственных процессов, возрастание конкуренции предпринимателей-работодателей на рынке труда.

Возрастание значимости человеческого капитала в экономике породило различные исследования в области удовлетворения потребностей рабочей силы в отраслевом и территориальном аспектах. Успешное развитие человеческих ресурсов предусматривает наличие современной материально-технической базы, способной обеспечить социально-бытовое, медицинское, образовательное, транспортное, информационное и т.п. обслуживание население.

Можно проследить теоретико-методологические основы научных исследований о роли социальной инфраструктуры в публикациях, посвященных социальному капиталу, в состав которого, помимо других составляющих, включали институты, оказывающие услуги здравоохранения, связи, транспорта и т.д. Но с нашей точки зрения, социальный капитал подразумевает подчиненное, вторичное значение по отношению к человеческому капиталу.

Влияние социальной инфраструктуры на развитие региональной экономики

Социальная инфраструктура имеет важное значение при принятии решений о территориальных размещениях производств. В связи с чем состояние развития социальной инфраструктуры будет являться важнейшим индикатором развития экономики региона, его конкурентным преимуществом. По этой причине многие зарубежные исследователи считают, что «экономика в области региональной политики должна концентрироваться в области финансовой поддержки социальной инфраструктуре. Существенная часть подобных действий требует больших капиталовложений и обеспечивает окупаемость вложенных средств в течение продолжительного времени, в связи с этим доля государственного финансирования в инфраструктурных проектах передовых стран традиционно имеет высокий уровень. Так, развитие социальной инфраструктуры являлось важнейшей целью плана социального и экономического и развития Японии на 1973–77 гг. Проблемы развития и состояния социальной инфраструктуры рассматриваются законодательной властью США. По данным слушаний 99-го Конгресса США (1986 г.), к социальной инфраструктуре относят транспорт, мосты, дороги, порты,

водные рекреационные системы, искусственные водоемы и природоохранные объекты, парки, рекреационные объекты, школы, тюрьмы, объекты здравоохранения и психиатрической помощи, здания правительственных учреждений и общественного назначения» [1].

Термин «социальная инфраструктура» в современной отечественной науке появился на стыке знаний о нематериальном производстве и социально-экономических отраслях. Впервые исследования, посвященные вопросу социальной инфраструктуры, появились в 70-х гг. прошлого века. Изначально социальную инфраструктуру связывали только со сферой услуг, признавая, что она включает в себя с различные отрасли с единым функциональным назначением, направленные на удовлетворение населения в услугах социального характера.

Социальная инфраструктура, как экономическая категория, отражает производственные отношения, направленные на процесс общественного воспроизводства, а именно на обеспечение роста в экономике и жизнедеятельности населения страны.

Потенциал социальной инфраструктуры зависит от возможностей ее экономического роста, который определяется имеющимися объемами ресурсов и резервов и ее современным состоянием.

Одно из первых в научном обороте определений инфраструктуры представляет ее как совокупность условий, способствующих благоприятному развитию частного предпринимательства в основных отраслях экономики и удовлетворяющих потребности населения [2, 3]. Указанное определение впоследствии нашло свое будущее развитие в исследованиях Р. Нурксе [4] и является актуальным до настоящего времени, будучи использованным в работах Н.М. Логачевой [5]. В более поздний советский период развития отечественной экономической науки проблематикой социальной инфраструктуры занимались такие авторы как Б.Н. Хомелянский [6], В.А. Жамин [7], С.Г. Важенин [8], А.А. Мазараки [9], А.Е. Пробст [10], С.С. Носова [11].

Уровень развития социальной инфраструктуры влияет на качество жизни населения как в городских, так и в сельских поселениях, и эта проблематика освещена в трудах таких исследователей как А.С. Ахиезер [12, 13], Ю.Л. Пивоваров [14, 15], О.Н. Яницкий [16, 17].

Услуги организаций и предприятий, формирующих социальную инфраструктуру региона, значительно изменяются и по структуре, и по объему для различных групп потребителей. К социальной инфраструктуре обычно относят следующие отрасли сферы услуг:

- здравоохранение;
- культура и искусство;
- пассажирский транспорт;
- образование;
- коммунально-бытовое хозяйство;
- общественное питание;
- спорт и физическая культура;
- торговля;
- коммуникационно-информационные услуги населению;
- социальное обеспечение;
- туризм и гостиничное хозяйство;
- бытовые услуги [18].

Индикаторами дифференциации потребления являются возраст, пол, состав семьи, социальные притязания, уровень доходов.

На рисунке представлено авторское обобщение уровневого территориального планирования социальной инфраструктуры, описанного в указанных выше источниках.

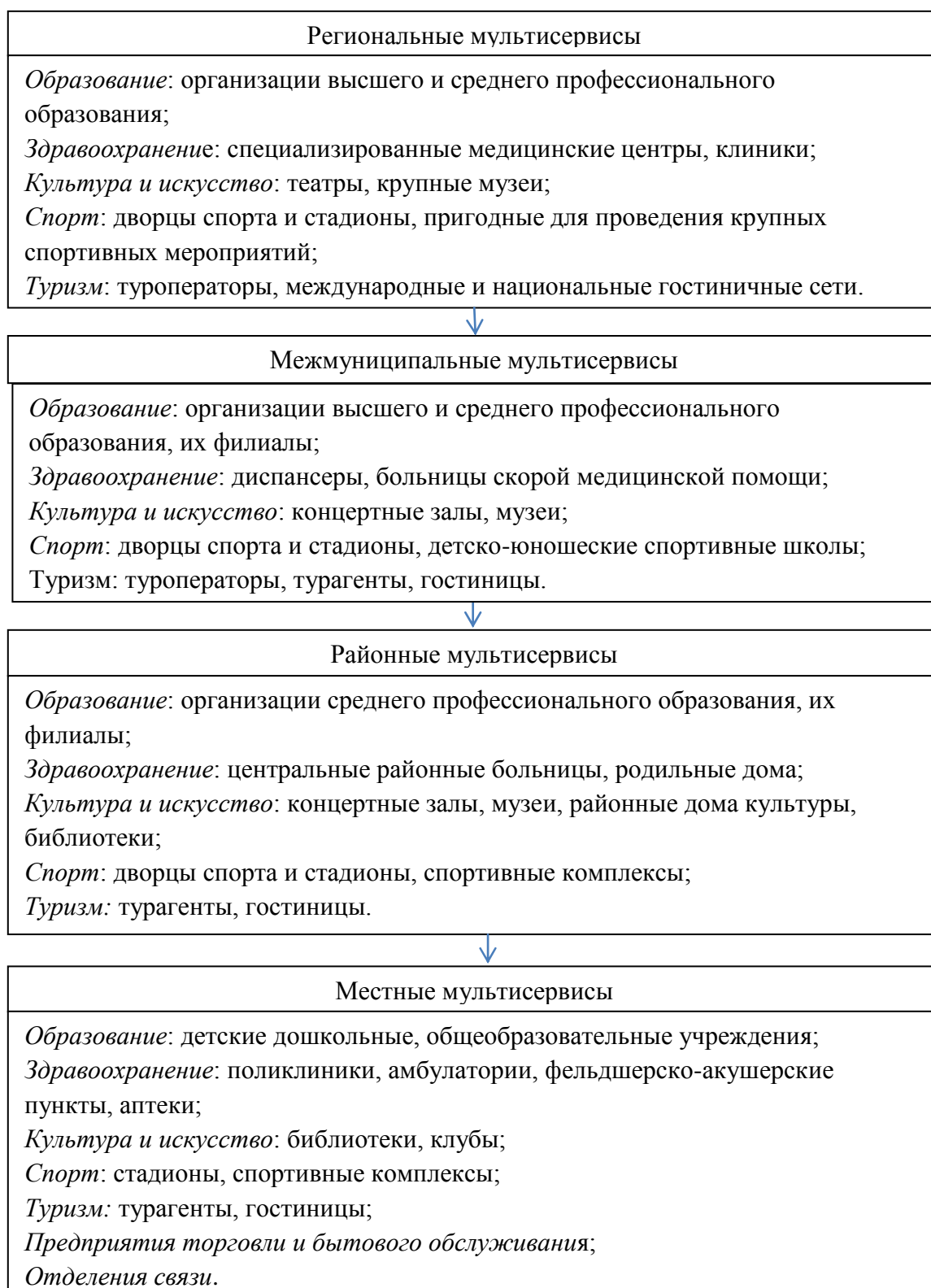


Рисунок. Уровневое территориальное планирование социальной инфраструктуры

Н.М. Логачева [5], проведя обширный анализ большого количества источников соответствующей литературы, приходит к результату о том, что ни в современных научных фундаментальных источниках, ни в законодательных актах,

ни в научных публикациях нет единого мнения о содержательном и количественном смысле видов инфраструктуры [5, С. 14]. Указанный автор предлагает классификацию, основным критерием которого будет являться сфера, на которую непосредственно воздействует инфраструктура.

Одновременно с этим социальную инфраструктуру региона Н.М. Логачева определяет как «комплекс инфраструктурных отраслей, расположенных на единой территории, ограниченной административными границами субъекта Российской Федерации, который выполняет различные социальные функции: создает условия для эффективного функционирования человека в процессе производства, способствует воспроизводству населения и гармоничному развитию личности, повышает бытовые условия и качество жизни населения» [5].

Противоположная и, наш взгляд, также не совсем верная точка зрения представлена в исследованиях И.Х. Бикмухаметова и И.И. Бикмухаметова [18, С. 11] которые отождествляют социальную инфраструктуру и социальную сферу. Указанные авторы предполагают, что основной общественной функцией отраслей социальной инфраструктуры будет являться предоставление услуг, ведущих к образованию человеческого капитала общества в такой форме, которая сможет сохранить баланс и обеспечить поддержку слабых групп населения. Исходя из этого, к отраслям социальной инфраструктуры указанные авторы относят только те сферы, непосредственная деятельность которых подчинена общественным интересам, в то время как к рыночной сфере относятся отрасли деятельности, подчиненные непосредственно частному интересу [19].

На взгляд авторов данной работы исходным пунктом в определении состава объектов социальной инфраструктуры является представление о ней как о совокупности организаций, предприятий и отраслей, выполняющих комплексное удовлетворение потребностей человека.

По мнению И.М. Малыхиной, именно комплексность удовлетворения потребностей является основным условием воспроизводства человеческого капитала как основного экономического ресурса развития любого региона, характеризующим эффективность деятельности органов муниципального и государственного управления. В настоящее время социальная инфраструктура составляет экономическую базу муниципальных образований, обеспечивая развитие и сохранение малых поселений, а также диверсификацию структуры экономики [20].

Современная трактовка понятия «социальная инфраструктура» как категории теории региональной экономики

На данный момент социальная инфраструктура представляет собой целостную систему государственных и муниципальных учреждений, коммерческих организаций, отраслей, расположенных на территории субъекта Российской Федерации и оказывающих населению государственные, муниципальные и платные услуги по удовлетворению потребностей (физиологических, потребностей в безопасности, социальных, престижных, духовных), целью функционирования которой является повышение качества жизни населения региона как его основного конкурентного преимущества, характеризующего эффективность деятельности органов исполнительной власти субъекта Федерации.

В этом определении принципиально важна комплексность территориальной организации объектов социальной инфраструктуры, позволяющая обеспечить перечисленные потребности всех слоев населения, что обусловлено многоканальностью финансирования.

Литература

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://topknowledge.ru/p-kh/75-s/2599-sotsialnaya-infrastruktura.html>, своб.
2. Rosenstein-Rodan P.N. Problems of Industrialisation of Eastern and South-Eastern Europe // *The Economic Journal*. – 1943. – V. 53. – № 210/211. – P. 202–211.
3. Rosen-Rodan P.N. The Notes of the Theory of the Big Push in «Economic Development for Latin America». – London: New York, 1961. – 60 p.
4. Nurkse R. Problems of Capital Formation in Undeveloped Countries. Oxford, 1955.
5. Логачева Н.М. Социальная инфраструктура и ее значение для социально-экономического развития регионов России. – Екатеринбург: Изд-во Уральского института экономики, управления и права, 2012. – 202 с.
6. Хомелянский Б.Н. Экономический эффект социального планирования: Соц.-экон. инфраструктура в воспроизв. процессе. – М.: Мысль, 1980. – 260 с.
7. Жамин В.А. Структурные сдвиги в народном хозяйстве социалистических стран. – М.: Мысль, 1976. – 333 с.
8. Важенин С.Г. Социальная инфраструктура народно-хозяйственного комплекса (политэкономический аспект регионального развития). – М.: Наука, 1984. – С. 6.
9. Мазараки А.А. Пути совершенствования размещения объектов социальной инфраструктуры: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. экон. наук (08.00.04). – Киев, 1979. – 22 с.
10. Пробст А.Е. Повышение эффективности капитальных вложений и территориальная организация производства / Совещание специалистов стран-членов СЭВ по обмену опытом проводимых в отдельных странах мероприятий по повышению экон. эффективности капит. вложений. – София: Б. и., 1968. – 17 с.
11. Носова С.С. Инфраструктура в системе общественного производства. – М.: МИНХ, 1982 (вып. дан. 1983). – 81 с.
12. Ахиезер А.С. Социально-культурные проблемы развития России. – М.: Ин-т науч. информации по обществ. наукам РАН, 1992. – 82 с.
13. Ахиезер А.С. Диалектика урбанизации и миграции в России // *Общественные науки и современность. России*. – 2000. – № 1. – С. 78–89.
14. Пивоваров Ю.Л. Глобальная урбанизация и Россия на пороге 21 века: антропокультурный период // *Изв. АН. Сер. Географическая*. – 1996. – № 4. – С. 64–76.
15. Пивоваров Ю.Л. Мировая урбанизация и Россия на пороге 21 века // *Общественные науки и современность*. – 1996. – № 3. – С. 12–22.
16. Яницкий О.Н. Социальные ограничения модернизации России // *Социологические исследования*. – 2010. – № 7. – С. 17.
17. Яницкий О.Н. Элементы теории социальных движений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.isras.ru/publ.html?id=2429>, своб.
18. Бикмухаметов И.И., Бикмухаметов И.Х. Социальная инфраструктура города: управление развитием услуг: научное издание. – Уфа: Уфимская государственная академия экономики и сервиса, 2011. – 118 с.
19. Горовой А.А. Социальная инфраструктура как научная категория региональной экономики // *Экономика и предпринимательство*. – 2014. – № 11 (часть 4). – С. 315–319.
20. Малыхина И.М. Развитие рыночной социальной инфраструктуры региона // *Российское предпринимательство*. – 2011. – № 5-1. – С. 173–177.

РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРА ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГРАФЕНА С УПРАВЛЯЕМЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**А.Х. Денисултанов****Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент М.К. Ходзицкий**

В работе исследуется генерация терагерцового излучения с помощью графена. Цель работы заключалась в экспериментальном исследовании усиления терагерцового излучения в диапазоне частот от 0,1 до 1 ТГц с помощью монослоя графена на подложках кварца и полиэтилентерефталата для нахождения возможностей дальнейшего применения этого материала в терагерцовой оптике и фотонике. Были получены сигналы, свидетельствующие об усилении терагерцового излучения при увеличении мощности излучения накачки монослоя графена. Также было рассчитано и графически представлено значение проводимости монослоя графена на подложках кварца и полиэтилентерефталата при его оптической накачке длиной волны 1560 нм, мощностью от 0 до 155 мВт. Полученные результаты свидетельствуют о возможности создания перестраиваемого терагерцового источника излучения, основополагающим элементом которого является графен.

Ключевые слова: графен, терагерцовый диапазон частот, оптическая накачка.

Введение

Терагерцовым излучением называется электромагнитное излучение с частотой, принадлежащей диапазону от $0,1 \cdot 10^{12}$ до $10 \cdot 10^{12}$ Гц. Этот частотный диапазон находится между инфракрасным и микроволновым спектром излучения, поэтому иногда его называют дальней инфракрасной или субмиллиметровой областью частот. Преимуществом этого типа излучения является тот факт, что вращательные и колебательные энергетические уровни молекул соответствуют энергиям терагерцового излучения, поэтому с помощью терагерцового излучения можно идентифицировать различного рода химические материалы и биологические объекты. Более того, для терагерцового излучения прозрачны некоторые типы пластмасс, одежда и бумага, что позволяет детектировать спрятанные за ними объекты. По этим причинам терагерцовое излучение используется в спектроскопии, биомедицине, системах безопасности и индустрии [1].

На протяжении долгого времени ученые и инженеры не могли использовать терагерцовое излучение, так как не было подходящих источников и приемников. Но за последние десятилетия исследователи значительно продвинулись в данной области и сконструировали множество различных типов генераторов терагерцового излучения. Настоящая работа посвящалась созданию еще одного типа генератора терагерцового излучения. Ключевым элементом этого источника излучения являлся графен.

Как известно, графен – это планарная 2D-структура макроскопического размера и атомарной толщины, составленная из атомов углерода, в которой атомы углерода располагаются в узлах двумерной гексагональной решетки так, что каждый атом связан с тремя соседними ковалентными химическими связями с sp^2 -гибридизацией, а четвертый валентный электрон включен в сопряженную π -систему графена. Таким образом, три связи, расположенные в плоскости, задают геометрическую структуру графена, а четвертая – его уникальные электронные свойства.

Графен привлекает внимание многих ученых и исследователей благодаря его необычным свойствам, таким как высокая мобильность электронов, быстрый оптический отклик, высокая теплопроводность и устойчивость, возможность

управлять концентрацией электронов за счет внешних воздействий, изменение полосы оптического поглощения и т.д. [2]. Этот набор особенностей позволяет применять графен в абсолютно различных областях науки и техники.

Графен может использоваться в качестве источника и приемника терагерцового излучения, так как его плазменная частота находится в терагерцовой области частот [2]. Согласно статье первооткрывателя графена К.С. Новосёлова, приемники терагерцового излучения на базе графена будут коммерциализированы только в следующем десятилетии, а терагерцовые источники с графеном – в 2030-х годах [3]. Но, несмотря на эти предположения, устройства на базе графена достигли высокую скорость развития и, возможно, создание терагерцовых источников на основе графена не так далеко.

Некоторые теоретические научные исследования указывают на то, что с помощью оптической накачки графена, вследствие релаксации возбужденных электронов, может быть получено терагерцовое излучение [4–6]. Основываясь на данных выкладках, в научном сообществе уже имеются некоторые представления о создании лазеров на основе графена [7].

Но стоит отметить, что приведенные исследования имеют теоретический характер, поэтому в настоящей работе проведено экспериментальное подтверждение возможности генерации терагерцового излучения с помощью монослоя графена на подложках кварца и полиэтилентерефталата при оптической накачке различной мощности.

Экспериментальная установка

Установка, схема которой приведена на рис. 1, позволяет измерить сигнал терагерцового излучения, прошедший через исследуемый образец. В данном случае на позиции образца закрепляется монослой графена на подложках кварца и полиэтилентерефталата.

В установке происходит генерация широкополосного импульсного терагерцового излучения путем облучения фотопроводящей антенны (нелегированного кристалла InAs) фемтосекундными импульсами лазера FL-1 с активной средой калий-иттриевый вольфрамат с примесью иттербия, Yb:KYW (Solar, Республика Беларусь; $\lambda=1040\pm 10$ нм, $t_{\text{имп}}=200$ фс, $f=70$ МГц, $P=1,4$ Вт). Терагерцовое излучение характеризуется следующими параметрами: спектральный диапазон 0,1–1 ТГц, средняя мощность 30 мкВт, частота следования импульсов 75 МГц, мощность импульса 1 Вт, длительность импульса 200 фс.

Также установка содержит фемтосекундный волоконный лазер EFOA-SH (ООО «Авеста-Проект», Россия; $\lambda=1560\pm 30$ нм, $t_{\text{имп}}=200$ фс, $f=60$ МГц, $P=0,16$ Вт), с помощью которого происходила накачка образца графена.

На рис. 1 следующие обозначения: FL-1 – фемтосекундный лазер на кристалле калий-иттриевого вольфрамата, активированного иттербием (Yb:KYW), генерирующий фемтосекундные импульсы; EFOA-SH – фемтосекундный волоконный лазер; Ф – набор фильтров из тефлона, отсекающих ИК диапазон волн; СД – светоделиватель; ЛЗ – оптическая линия задержки; З – зеркала; Об – исследуемый образец (графен); Вол – призма Волластона; CdTe – электрооптический кадмий-теллуристый кристалл; БД – балансный детектор; СУ – синхронный усилитель; РС – персональный компьютер; Г – Призма Глана; ПЗ – параболическое зеркало; ОММ – оптико-механический модулятор.

С помощью приведенной выше установки можно детектировать терагерцовое излучение как прошедшее через образец, так и сгенерированное самим образцом при накачке.

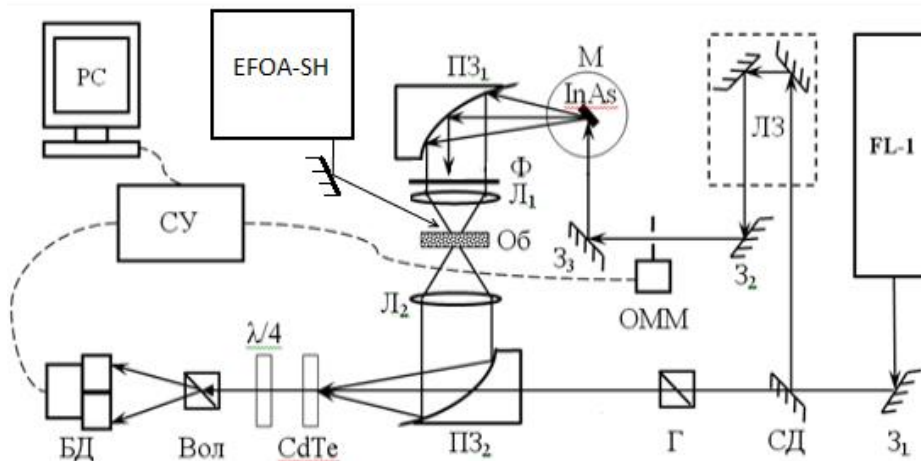


Рис. 1. Схема установки для измерения терагерцового излучения, прошедшего через объект

Усиление терагерцового излучения с помощью графена

На рис. 2 представлены экспериментально полученные терагерцовые сигналы при оптической накачке монослоя графена на подложке кварца при различной мощности.

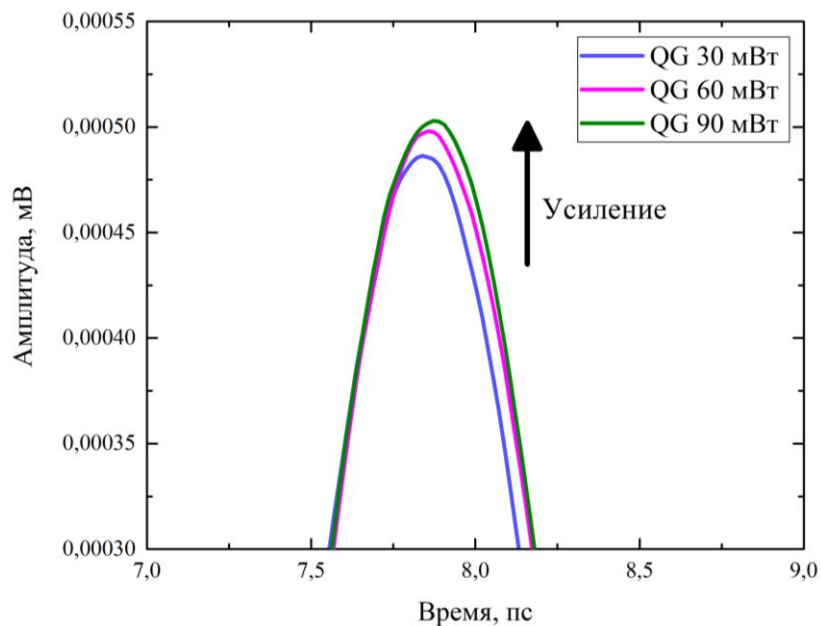


Рис. 2. Формы терагерцовых сигналов при оптической накачки графена (в легенде «30 мВт», «60 мВт», «90 мВт» – обозначение мощности оптической накачки графена)

Из рис. 2 видно, что при увеличении мощности оптической накачки графена, амплитуда терагерцового детектируемого сигнала также усиливается. Это свидетельствует о том, что с помощью графена можно генерировать терагерцовое излучение.

Также в работе [6] указано, что генерация терагерцового излучения на графене достигается путем получения отрицательной проводимости материала. На рис. 3 продемонстрирована проводимость графена на подложках кварца и полиэтилентерефталата при различной мощности накачки (числа в легенде показывают мощность оптической накачки в мВт).

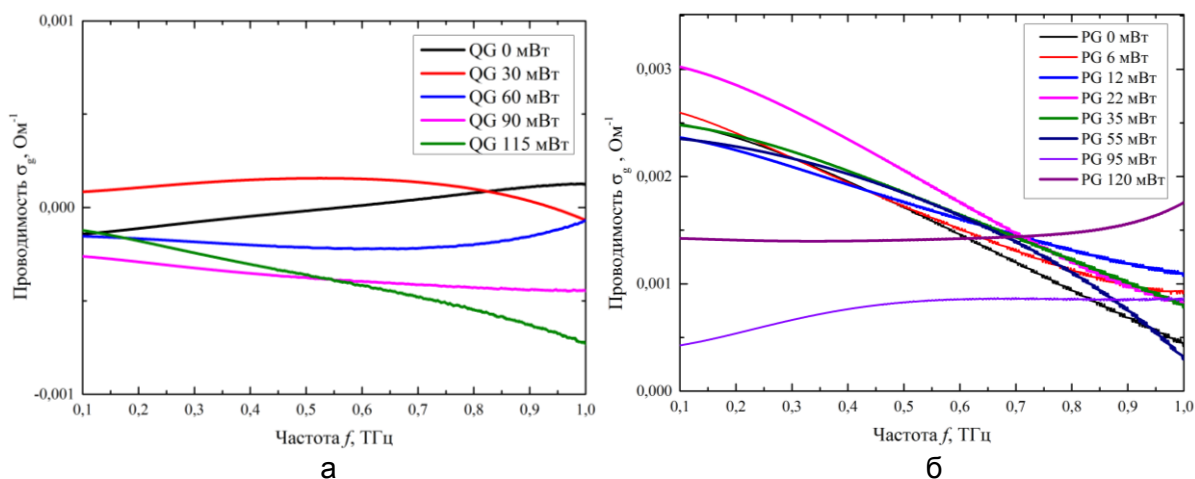


Рис. 3. Проводимость графена на подложке кварца (а) и полиэтилентерефталата (б) в терагерцовом диапазоне частот при оптической накачке

Из рис. 3 можно заметить, что с увеличением мощности оптической накачки значение проводимости графена стремится в отрицательную область.

На основе этих данных также были рассчитаны значения диэлектрической проницаемости монослоя графена на подложках кварца и полиэтилентерефталата в терагерцовом диапазоне частот, которые продемонстрированы на рис. 4.

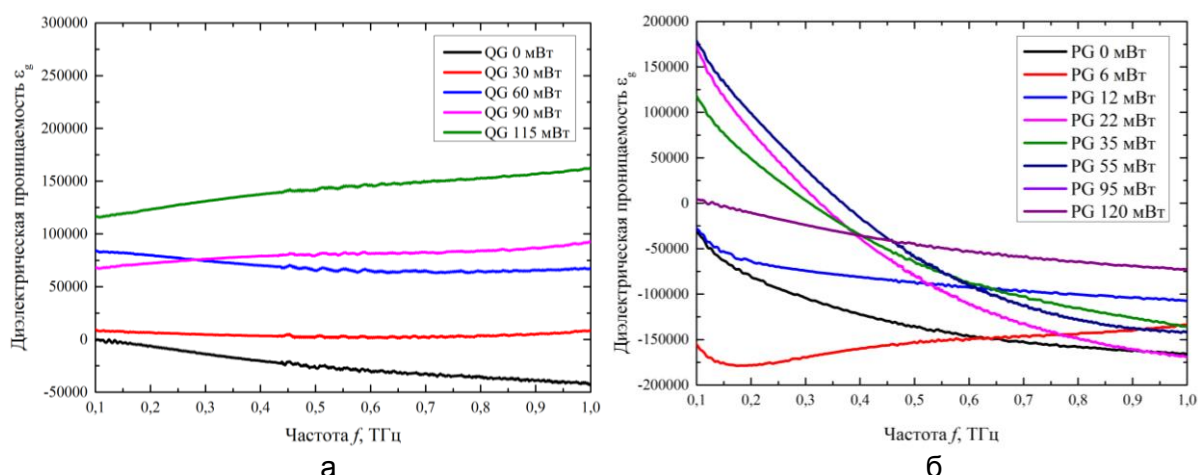


Рис. 4. Диэлектрическая проницаемость графена на подложке кварца (а) и полиэтилентерефталата (б) в терагерцовом диапазоне частот при оптической накачке

Заключение

В работе была продемонстрирована возможность генерации терагерцового излучения с помощью монослоя графена на подложках кварца и полиэтилентерефталата при оптической накачке длиной волны 1560 нм, мощностью от 0 до 155 мВт. Этот экспериментально подтвержденный факт позволяет перейти к этапу создания генератора терагерцового излучения на основе графена.

В дальнейшем планируется создание перестраиваемого терагерцового лазера на основе графена.

Литература

1. Zhang X.C., Xu J. Introduction to THz Wave Photonics. – Springer, New York, 2010. – 246 p.

2. Subbiah A., Ashok K. Graphene-Based Materials: Science and Technology. – CRC Press, New York, 2014. – 224 p.
3. Novoselov K.S., Fal'ko V.I., Colombo L., Gellert P.R., Schwab M.G., Kim K. A roadmap for grapheme // Nature. – 2012. – V. 490. – P. 192–200.
4. Ryzhii V., Ryzhii M., Satou A., Otsuji T., Dubinov A.A., Aleshkin V.Ya. Feasibility of Terahertz Lasing in Optically Pumped Epitaxial Multiple Graphene Layer Structures // J. Appl. Phys. – 2009. – V. 106. – P. 084507.
5. Ryzhii V. Terahertz Lasers Based on Optically Pumped Multiple Graphene Structures with Slot-line and Dielectric Waveguides // J. Appl. Phys. 2010. – V. 107. – P. 054505.
6. Svintsov D. Carrier-carrier Scattering and Negative Dynamic Conductivity in Pumped Graphene // Optical Society of America. – 2014. – V. 22(17). – P. 19873–19886.
7. Otsuji Tiichi, Stephane Boubanga Tombet, Akira Satou, Maxim Ryzhii, Victor Ryzhii. Terahertz-wave Generation Using Graphene: Toward New Types of Terahertz Lasers // Proc. IEEE Proceedings of the IEEE. – 2014. – P. 1–13.

УДК 004.7

МЕТОДЫ БАЛАНСИРОВКИ UDP-ДЕЙТАГРАММ МЕЖДУ СОТОВЫМИ СЕТЯМИ

А.С. Дмитриев

Научный руководитель – к.т.н., доцент В.В. Соснин

Развитие технологий мобильной связи позволяет пользоваться услугой передачи данных там, где существует хорошее покрытие базовой станции оператора. Однако существует ряд мобильных пользователей, которые постоянно в дороге и им необходимо предоставлять качественный сервис. Однако во многих местах может оказаться так, что плохое покрытие и возникающие перегрузки базовых станций мешают предоставить качественный сервис в пределах одного оператора и необходимо соединять сотовые сети различных операторов в одном устройстве, чтобы гарантировать качество сервиса. При соединении сетей в одном устройстве возникает проблема балансировки трафика между этими сетями. В данном исследовании рассматриваются методы, которые решают проблему.

Введение

Построение устройств, работающих с несколькими или со всеми операторами оправдано для специальных назначений, предусматривающих заключение соглашения об уровне услуг (SLA) между организацией и сервис-провайдером, сервис которого не обеспечивают операторы сотовой связи. Однако доступ осуществляется через сотовые сети, как единственно возможные для данной организации. Также данные устройства позволяют создавать высокомобильные точки доступа, которые будут обеспечивать приемлемое качество сервиса, даже если один или несколько операторов не предоставляют качественных услуг на данном участке или отрезке времени. Например, некоторые таксомоторные компании устанавливают такие точки доступа для организации беспроводного доступа к Интернету по технологии WiFi. Данные внедрения создали конкурентное преимущество перед другими таксомоторными компаниями, которые используют мобильные точки доступа одного оператора или не имеют такой возможности [1].

Для построения таких устройств необходимы исследования того, как различные методы и реализации балансировки трафика будут вести себя в сетях передачи данных сотовых операторов, так как по сравнению с проводными сетями передачи данных данные сети характеризуются большой долей потерянных пакетов и более высокими задержками передачи [2].

Постановка задачи

Цель научной работы заключалась в рассмотрении возможных способов передачи UDP-дейтаграмм по различным сотовым сетям в целях балансировки нагрузки трафика.

Задачи исследования:

1. обзор методов балансировки UDP-дейтаграмм;
2. оценка производительности реализаций методов балансировки UDP-дейтаграмм;
3. сравнение методов балансировки UDP-дейтаграмм.

Основной результат

Сети передачи данных сотовых операторов работают на уровнях OSI с физического до сетевого, поэтому данную задачу необходимо решать на более высоких уровнях, либо использовать алгоритмы распределения пакетов в зависимости от таких комплексных параметров, как пропускная способность и качество сигнала сотовой сети. Разумно рассматривать реализации Multipoint для протоколов транспортного уровня, либо специальные способы маршрутизации кадров по различным сетям.

Методы балансировки UDP-дейтаграмм можно поделить на категории, исходя из различных критериев. В данной работе выделено три категории:

1. уровень реализации балансировки трафика;
2. область действия балансировки трафика;
3. реализованность методов.

По уровню реализации балансировки трафика методы балансировки делятся на:

1. прикладные;
2. транспортные;
3. сетевые;
4. канальные;
5. межпротокольные.

Из перечисленных категорий в обзоре будут рассмотрены межпротокольные, транспортные и канальные методы.

По области действия балансировки трафика методы балансировки делятся на:

1. непосредственного действия – те, в которых объектом балансировки являются канальные интерфейсы, т.е. в нашем случае – радиоканалы операторов;
2. опосредованного действия – те, в которых объектом балансировки являются сети передачи данных провайдера и промежуточные сети до балансировочного сервера в сети Интернет.

Нетрудно заметить, что методами непосредственного действия являются канальные методы, а методами опосредованного действия – межпротокольные и транспортные.

По реализованности методы балансировки делятся на:

1. реализованные – методы, написанные на языках программирования или встроенные в операционные системы;
2. нереализованные – методы, не имеющие программную реализацию.

Реализованные методы предпочтительнее, так как на их разработку не нужно тратить производственные ресурсы.

Методы балансировки трафика состоят из двух основных задач:

1. контроль пропускной способности внутри каждого канала или сети;
2. распределение дейтаграмм в различные сети в зависимости от пропускной способности и качества каналов.

Основной проблемой при реализации балансировки UDP-дейтаграмм является асинхронность протокола UDP. Асинхронность протокола не предусматривает такого

удобного механизма синхронных протоколов как самосинхронизация. Самосинхронизация, в свою очередь, позволяет в автоматическом режиме контролировать количество одновременно находящихся в сети пакетов и, таким образом, пропускную способность сети в зависимости от качества каналов и загруженности сети в текущий момент времени.

Чтобы избавиться от этой проблемы, можно передавать UDP-дейтаграмму с помощью одного из синхронных протоколов транспортного уровня. Например, в качестве такого протокола может выступать протокол TCP.

Заметим, что данный метод является межпротокольным опосредованного действия, что означает накладные расходы на инкапсуляцию UDP-дейтаграммы в TCP и необходимость реализации сервера в сети Интернет для организации балансировки трафика [3, 4].

Рассмотрим достоинства и недостатки метода передачи UDP-дейтаграмм поверх TCP-дейтаграмм:

Достоинства:

1. задача управления пропускной способностью сети в зависимости от качества каналов и загруженности сети перекладывается на протокол TCP, который справляется с этой задачей в автоматическом режиме.

Недостатки:

1. накладные расходы на инкапсуляцию в TCP;
2. необходимость реализации сервера в сети Интернет для распаковывания UDP-дейтаграммы;
3. наличие ретрансляции потерянных дейтаграмм в протоколе TCP уменьшает полезную пропускную способность и ухудшает качество сервиса, использующего UDP для трафика реального времени, по сравнению с отсутствием ретрансляции дейтаграмм протокола UDP;
4. задача распределения дейтаграмм перекладывается на протокол TCP, который не имеет встроенных возможностей по решению данной задачи, однако данный протокол имеет стандартизованное расширение MP-TCP, которое может решить данную задачу.

Заключение

В данном исследовании проведена классификация методов балансировки UDP-дейтаграмм и рассмотрен метод передачи UDP-дейтаграмм поверх TCP-дейтаграмм. В дальнейшем предполагается рассмотреть канальный метод балансировки UDP-дейтаграмм непосредственного действия, метод передачи UDP-дейтаграмм поверх SCTP-дейтаграмм и транспортный метод балансировки UDP-дейтаграмм непосредственного действия, исследовать производительность данных методов и существующих реализаций. После проведения оценки производительности будет произведено сравнение как методов между собой, так и методов с соответствующими им реализациями.

Литература

1. Такси с WiFi, рейтинг по отзывам, адреса такси на карте Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.yell.ru/spb/top/taksi-wifi/>, своб.
2. Лагутенко О.И. Проблемы передачи данных в сетях мобильной связи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ccc.ru/magazine/depot/02_05/read.html?0302.htm, своб.

3. Postel J. RFC 768: User Datagram Protocol. Internet Engineering Task Force [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tools.ietf.org/html/rfc768>, своб.
4. RFC 793: Transmission control protocol. DARPA Internet program. Protocol specification [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tools.ietf.org/html/rfc793>, своб.

УДК 535.317

МОДУЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В.В. Ежова

Научный консультант – д.т.н., профессор Л.Н. Андреев

В работе рассмотрены модульное проектирование оптических систем различного назначения и расчет новых оптических систем на основе модульного принципа проектирования с улучшенным качеством изображения. Продемонстрировано, что применение асферических поверхностей в оптических системах позволяет существенно повысить параметры оптических систем и улучшить качество изображения. Была показана эффективность применения апланатических оптических модулей при расчете различных оптических систем. Была разработана последовательная методика расчета оптических систем различного назначения на основе модульного проектирования.

Ключевые слова: модульное проектирование, оптическая система, объектив, окуляр, конденсор, компенсатор, асферика.

Модульный принцип проектирования оптических систем, базирующийся на использовании основ теории аберраций третьего порядка, заключается в том, что системы синтезируются из оптических элементов (модулей) с известными коррекционными свойствами. Использование модульного принципа проектирования позволяет получить новые оригинальные оптические системы.

В качестве оптических модулей при расчете оптических систем различного назначения, в том числе светосильных объективов, конденсоров, объективов и окуляров микроскопа, используются апланатические мениски с различным линейным увеличением, линзы с асферическими поверхностями второго порядка и гиперхроматические линзы. Использование асферических поверхностей в оптических системах позволяет повысить их оптические характеристики (относительное отверстие, угловое поле и др.), улучшить качество изображения (коррекцию аберраций), упростить оптическую схему (сократить количество линз).

Относительное отверстие двухлинзовых склеенных объективов при удовлетворительной коррекции сферической аберрации, комы и хроматизма положения не превышает 1:5–1:4. Окуляры современных микроскопа требуют существенного улучшения качества изображения. Достаточно велики аберрации изображения, образованного конденсорами, рассчитанными на минимум сферической аберрации. Даже одна асферическая поверхность второго порядка позволяет существенно улучшить параметры названных оптических систем и повысить качество образованного ими изображения.

Для расчета однокомпонентного объектива в качестве исходной оптической системы выбирается плоско-выпуклая линза из стекла с показателем преломления $n = 1,6 - 1,65$, обращенная выпуклой поверхностью к плоскости предмета, так как у такой линзы сферическая аберрация близка к минимуму, а кома к нулю (рис. 1). Первая сферическая поверхность объектива заменяется асферической. Путем изменения величины квадрата эксцентриситета асферической поверхности линзы выполняется коррекция сферической аберрации. Для ахроматизации изображения

в систему вводится одна или две «хроматические» поверхности, разделяющие оптические среды, у которых показатели преломления для основной длины волны близки, а коэффициенты средней дисперсии различны (комбинации стекол СТК9-ТФ4 и ТК16-Ф1). Для апохроматической коррекции aberrаций в качестве оптических сред линз следует использовать пары стекол, у которых кроме равенства показателей преломления и неравенства коэффициентов средней дисперсии равны относительные частные дисперсии (пары стекол ОК1-ОФ1, ОК4-ЛК1 и др.).

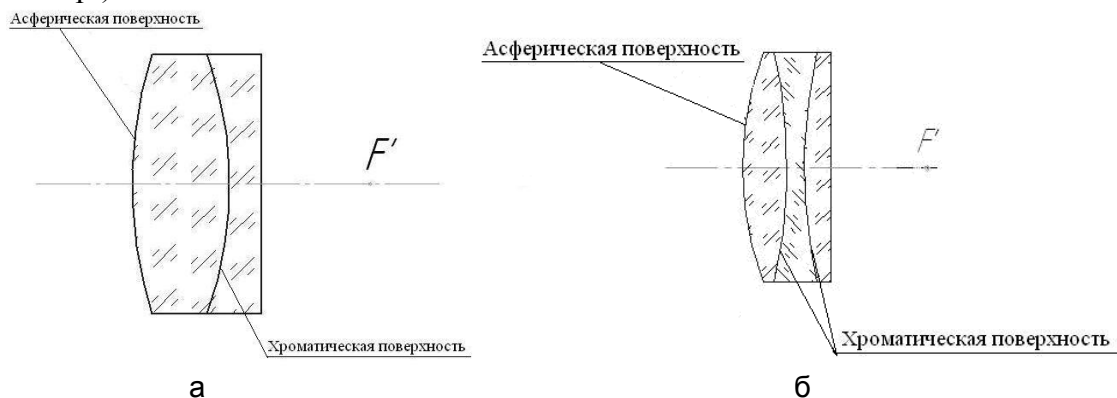


Рис. 1. Оптическая схема однокомпонентного объектива: одна хроматическая поверхность (а); две хроматические поверхности (б)

При расчете двухкомпонентного объектива оптическая схема такого объектива включает одиночную линзу с асферической поверхностью, перед которой расположена плоскопараллельная пластинка с «хроматической» поверхностью, определяющая хроматическую или апохроматическую коррекцию aberrаций (рис. 2). Следует заметить, что асферизация поверхности не влияет на остаточный астигматизм и кривизну поверхности изображения, образованного исходной оптической системой.



Рис. 2. Оптическая схема двухкомпонентного объектива: плоскопараллельная пластинка с «хроматической» поверхностью, определяющая хроматическую (а) или апохроматическую коррекцию aberrаций (б)

У монохроматических объективов коррекции подлежат следующие aberrации: сферическая, кома, астигматизм, кривизна поверхности. Для удовлетворения этих требований оптическая схема должна состоять не менее чем из двух компонентов противоположного знака оптической силы, разделенных воздушным промежутком конечной величины. В качестве первого компонента выбирается плоско-выпуклая линза из оптического материала с показателем преломления $n = 1,6 - 1,65$, выпуклая поверхность, которой выполнена асферической (рис. 3).

В такой линзе путем интерполяции величины показателя преломления и квадрата эксцентриситета асферической поверхности линзы возможна коррекция сферической

абберации и комы. В качестве второго компонента используют апланатический мениск. С целью повышения числовой апертуры объектива и улучшения коррекции aberrаций в первый компонент вводится апланатический мениск (один или несколько). Для обеспечения необходимой величины хроматической aberrации положения перед объективом располагается афокальная гиперхроматическая линза («хроматизатор»), склеенная из линз, у которых показатели преломления для средней длины волны близки, а средние дисперсии различны. Так как гиперхроматическая линза расположена в параллельном ходе лучей, она не вносит монохроматических aberrаций. Путем интерполяции радиусов «хроматической» поверхности добиваются нужного значения хроматической aberrации положения.

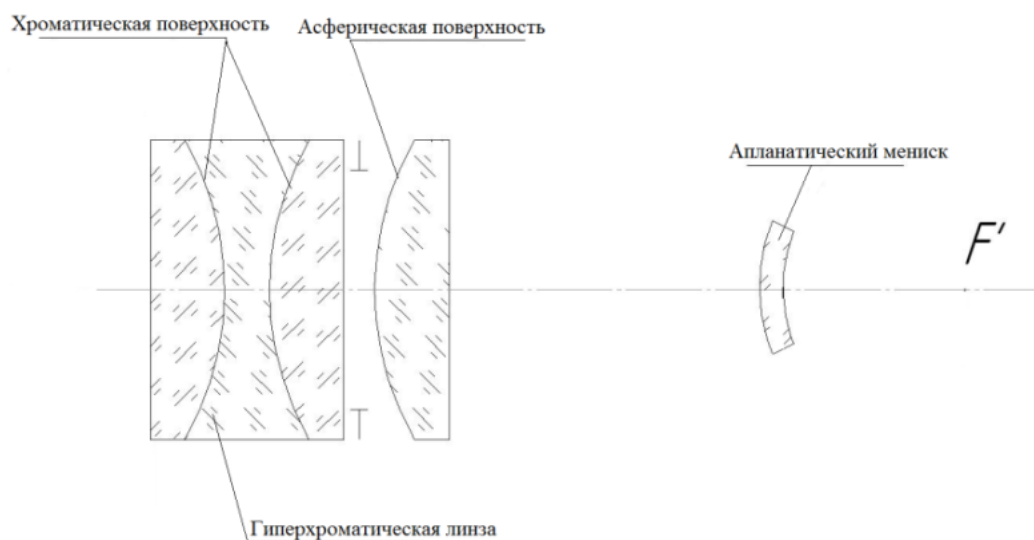


Рис. 3. Оптическая схема монохроматического объектива

При расчете светосильных объективов с небольшим полем порядка $2\omega = 1^\circ - 2^\circ$, кроме коррекции сферической aberrации и комы необходима коррекция хроматических aberrаций. Оптическая схема таких объективов состоит из плосковыпуклой линзы с асферической поверхностью второго порядка и гиперхроматической линзы. При расчете светосильных объективов с угловым полем $2\omega = 6^\circ - 10^\circ$ необходима коррекция полевых aberrаций, астигматизма и кривизны поверхности. Оптическая схема таких объективов включает гиперхроматическую линзу, плоско-вогнутую линзу с асферической поверхностью, два апланатических мениска с $\beta = 1/n$ и апланатический мениск с $\beta = n$ (рис. 4).



Рис. 4. Оптическая схема светосильного объектива

Окуляры микроскопа имеют малое относительное отверстие, что определяет малую величину сферической aberrации и в ее специальной коррекции нет необходимости. Однако в этом случае для получения изображения требуемого качества необходима коррекция полевых aberrаций: астигматизма, дисторсии и хроматизма увеличения. В первом приближении этим требованиям удовлетворяет плоско-выпуклая линза из стекла с показателем преломления $n=1,6-1,7$ и обращенной плоской поверхностью к выходному зрачку (рис. 5, а). Путем замены сферической поверхности на асферическую второго порядка достигается оптимальная коррекция астигматизма и дисторсии. Введение в оптическую схему окуляра гиперхроматической линзы позволяет исправить хроматизм увеличения.

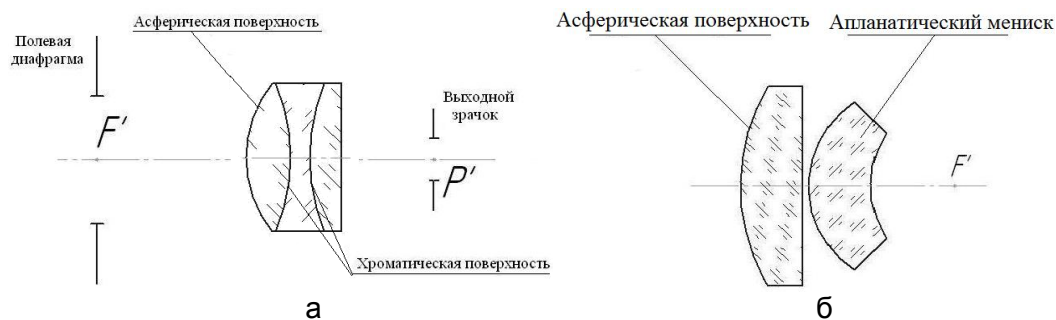


Рис. 5. Оптические схемы: окуляра (а) и рассчитанного конденсора (б)

Наибольшее распространение получили конденсоры, рассчитанные на минимум сферической aberrации. Однако в изображении, образованном конденсором, aberrация комы достигает значительных величин. При расчете конденсоров, как правило, коррекции подлежат сферическая aberrация и кома. Конденсор в виде одной плоско-выпуклой линзы с асферической поверхностью рассчитывается как однокомпонентный объектив и обеспечивает удовлетворительную коррекцию при числовой апертуре не более $A \leq 0,5$.

Оптическая схема конденсора включает одиночную линзу с асферической поверхностью второго порядка и в зависимости от числовой апертуры одного или нескольких апланатических менисков с увеличением $\beta = 1/n$ (рис. 5, б). Для повышения числовой апертуры за плосковыпуклой линзой располагается апланатический мениск с линейным увеличением $\beta = n$. Числовая апертура конденсора в этом случае может быть увеличена до $A = 0,6-0,8$.

При расчете оптических систем иногда возникает необходимость коррекции какой-либо одной aberrации, не нарушая коррекции других. Например, при расчете зеркальных или зеркально-линзовых объективов возникает необходимость коррекции сферической aberrации. При расчете объективов микроскопа с плоским полем возникают трудности с исправлением кривизны поверхности. Часто приходится сталкиваться с ахроматизацией оптических систем. В связи с этим представляет интерес разработки компенсаторов, исправляющих лишь одну aberrацию, не затрагивая коррекции других.

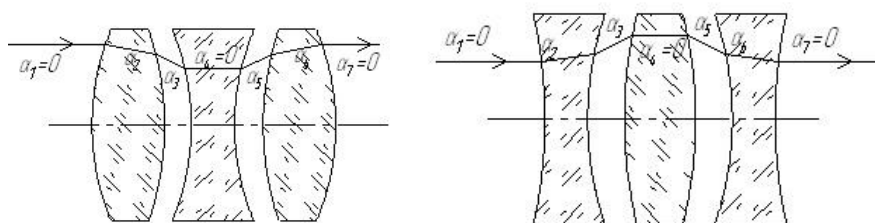


Рис. 6. Афокальные симметричные не склеенные компенсаторы

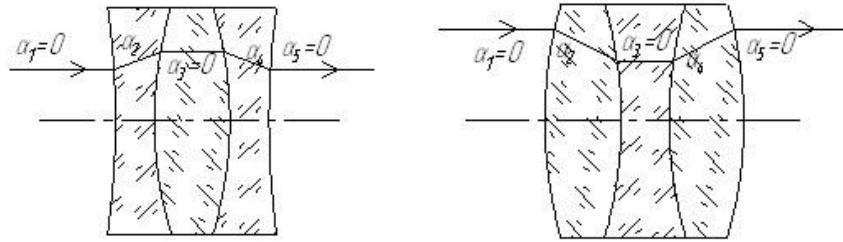


Рис. 7. Афокальные симметричные склеенные компенсаторы

Афокальные трехлинзовые симметричные склеенные и не склеенные компенсаторы для компенсации сферической aberrации включают две одинаковые линзы, симметрично расположенные относительно симметричной линзы, противоположного знака оптической силы (рис. 6 и 7). У этих компенсаторов при любых значениях коэффициента, определяющего сферическую aberrацию, величина, определяющая кому, всегда равна нулю.

Афокальный компенсатор для коррекции кривизны поверхности изображения и астигматизма состоит из двух одинаковых телескопических линз, симметрично расположенных относительно апертурной диафрагмы, расположенной между ними (рис. 8, а). Этот компенсатор может исправить кривизну и астигматизм оптической системы, расположенной за ним. Кома, дисторсия и хроматизм увеличения у него отсутствуют в силу симметрии оптической схемы. Следует отметить, что преимуществом афокальных компенсаторов является то, что они не влияют на оптическую силу системы и не сокращают рабочее расстояние.

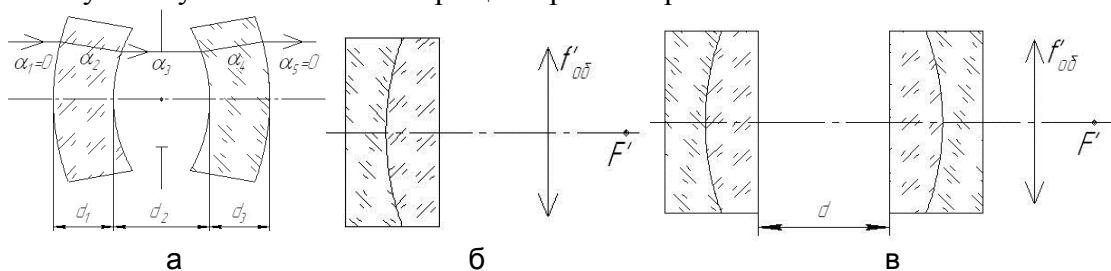


Рис. 8. Оптические схемы афокальных компенсаторов: коррекции кривизны поверхности изображения и астигматизма (а); хроматических aberrаций (б, в)

Афокальные компенсаторы для коррекции хроматических aberrаций представляют собой плоскопараллельную пластинку, склеенную из плоско-выпуклой и плоско-вогнутой линз из хроматической пары стекол, для которых выполняется условие – показатели преломления материала оптического стекла примерно одинаковы, а коэффициенты средней дисперсии различны (рис. 8, б, в). Такие компенсаторы, кроме хроматизма, не вносят никаких aberrаций. Изменяя радиус кривизны хроматической поверхности, можно воздействовать на хроматические aberrации системы. Для коррекции обеих хроматических aberrаций (хроматизма положения и хроматизма увеличения) необходимо воспользоваться двумя гиперхроматическими линзами, расположенными друг от друга на конечном расстоянии.

Апланатический ахроматический компенсатор кривизны поверхности и хроматизма представляет собой апланатический мениск с увеличением $\beta = 1^x$ (рис. 9, а). Особенностью этого мениска является то, что обе его поверхности апланатические третьего рода, поэтому он не вносит сферической aberrации, комы и астигматизма третьего порядка. Коэффициент, определяющий кривизну поверхности, зависит только от толщины компенсатора, а хроматизм положения можно исправить радиусом хроматической поверхности.

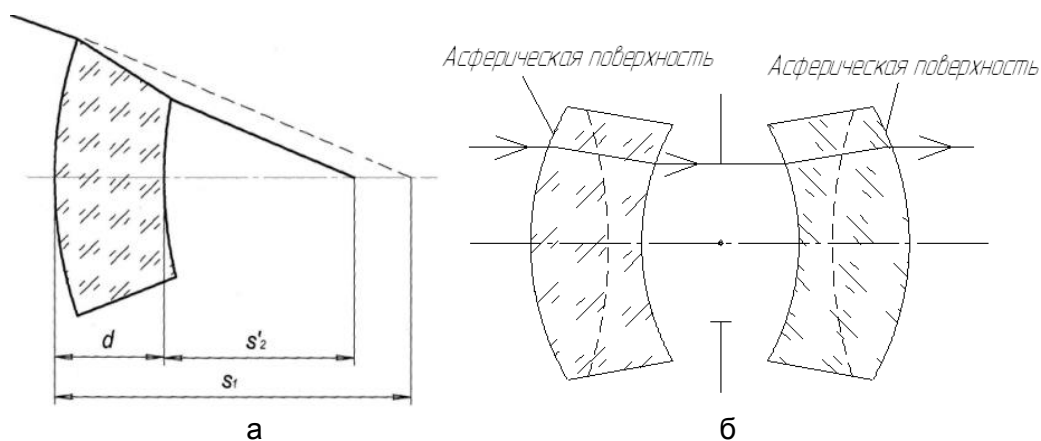


Рис. 9. Апланатический компенсатор кривизны поверхности изображения и хроматизма (а); афокальный компенсатор кривизны поверхности, астигматизма, сферической aberrации и хроматизма положения (б)

Афокальный компенсатор кривизны поверхности, астигматизма, сферической aberrации и хроматизма положения состоит из двух одинаковых симметрично расположенных телескопических линз, симметрично расположенных относительно диафрагмы, установленной между ними (рис. 9, б). Позволяет исправить сферическую aberrацию за счет выполнения наружных поверхностей линз асферическими, астигматизм – путем изменения воздушного промежутка, кривизна поверхности исправляется путем изменения значений радиусов линз. Коэффициенты, определяющие кому, дисторсию и хроматизм увеличения третьего порядка равны нулю, вследствие симметрии оптической схемы компенсатора. Для коррекции хроматической aberrации положения одиночные телескопические линзы следует заменить на двухсклеенные из «хроматической» пары стекол.

Заключение

Была разработана последовательная методика расчета оптических систем различного назначения на основе модульного принципа проектирования с улучшенным качеством изображения. Была показана эффективность применения апланатических оптических модулей при расчете различных оптических систем. Предлагаемый модульный метод расчета, а также разработанные оптические модули и афокальные компенсаторы aberrаций дополняют известные методы расчета и расширяют возможности оптиков-расчетчиков.

Литература

1. Андреев Л.Н. Прикладная теория aberrаций. Учебное пособие. – СПб.: СПбГИТМО (ТУ), 2002. – 98 с.
2. Андреев Л.Н., Ежова В.В. Прикладная теория aberrаций. Часть вторая. Учебное пособие. – СПб.: НИУ ИТМО, 2011. – 52 с.
3. Бахолдин А.В., Романова Г.Э., Цуканова Г.И. Теория и методы проектирования оптических систем. Учебное пособие. – СПб.: НИУ ИТМО, 2011. – 104 с.
4. Грамматин А.П. Методы синтеза оптических систем. Учебное пособие. – СПб.: СПбГИТМО (ТУ), 2002. – 65 с.
5. Русинов М.М. Композиция оптических систем. –2-е изд. – СПб.: Книжный дом «Либроком», 2011. – 382 с.
6. Слюсарев Г.Г. Методы расчета оптических систем. –2-е изд., доп. и перераб. – М.: Машиностроение, 1969. – 672 с.

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ, ОБРАЗОВАННЫХ РЕАЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ПЕРЕМЕННОГО УВЕЛИЧЕНИЯ

К.В. Ежова

Научный консультант – д.т.н., профессор В.А. Зверев

В работе рассматривается разработка и применение алгоритмов анализа качества изображений оптических систем переменного увеличения, базирующихся на математическом аппарате параметрического синтеза оптических систем переменного увеличения. Приводятся результаты реализации алгоритмов в системе MathLAB.

Ключевые слова: системы переменного увеличения, анализ качества изображений.

Введение

Как известно, при проектировании оптических систем в целом и, в частности, оптических систем переменного увеличения (СПУ) необходимо провести оценку качества изображения, сформированного оптической системой. Сложность проведения подобного анализа для изображений, образованных оптическими СПУ, обуславливается тем, что анализ в данном случае должен осуществляться для нескольких значений линейного увеличения (не менее трех), выбранных из заданного диапазона [1–3].

В настоящее время для оценки качеств изображений, образованных оптическими системами, используются специализированные программные продукты для автоматизации расчета оптических систем (CAPO, OPAL, ZEMAX).

К основным недостаткам использования наиболее распространенных программных продуктов можно отнести следующее:

- проведение анализа ограниченного количества конфигураций оптических СПУ, не перекрывающего все значения линейного увеличения из заданного диапазона;
- проведение дискретного анализа для каждой конфигурации оптической СПУ;
- данные для каждой конфигурации передаются в программный продукт отдельно, что увеличивает время анализа (например, пользователю необходимо сделать расчет изменяющихся величин (d_i), и передать данные в программу).

Разработка алгоритма анализа качества изображения, образованного оптической системой переменного увеличения

Одной из наиболее популярных программ для автоматизации проектирования оптических систем является программа ZEMAX, функционал которой позволяет моделировать, анализировать, автоматизировать проектирование оптических систем. Дополнительно к возможности расчета и проектирования оптических систем в ZEMAX также существует интересное и мощное средство, которое позволяет организовать обмен данных с другими программными средствами и получить данные об оптической системе из ZEMAX при помощи механизма динамического обмена данных DDE (Dynamic Data Exchange), что позволяет внешним программным продуктам использовать ZEMAX для расчета хода лучей через оптическую систему и вычисления аберрационных параметров и получать результирующие данные для дальнейшего анализа и вычислений [1]. Это интересная возможность позволяет пользователям с помощью ZEMAX расширить вычислительные возможности проектирования оптических систем, добавив новые алгоритмы, не существующие в ZEMAX, или модифицировать имеющиеся для получения необходимых результатов.

На основе теории оптических СПУ [1–3] и использовании функций оптического расчета, существующих в DDE ZEMAX, была разработана общая программа для оценки качества изображений, образованных реальными оптическими СПУ. Короткая блок-схема программы представлена на рис. 1.

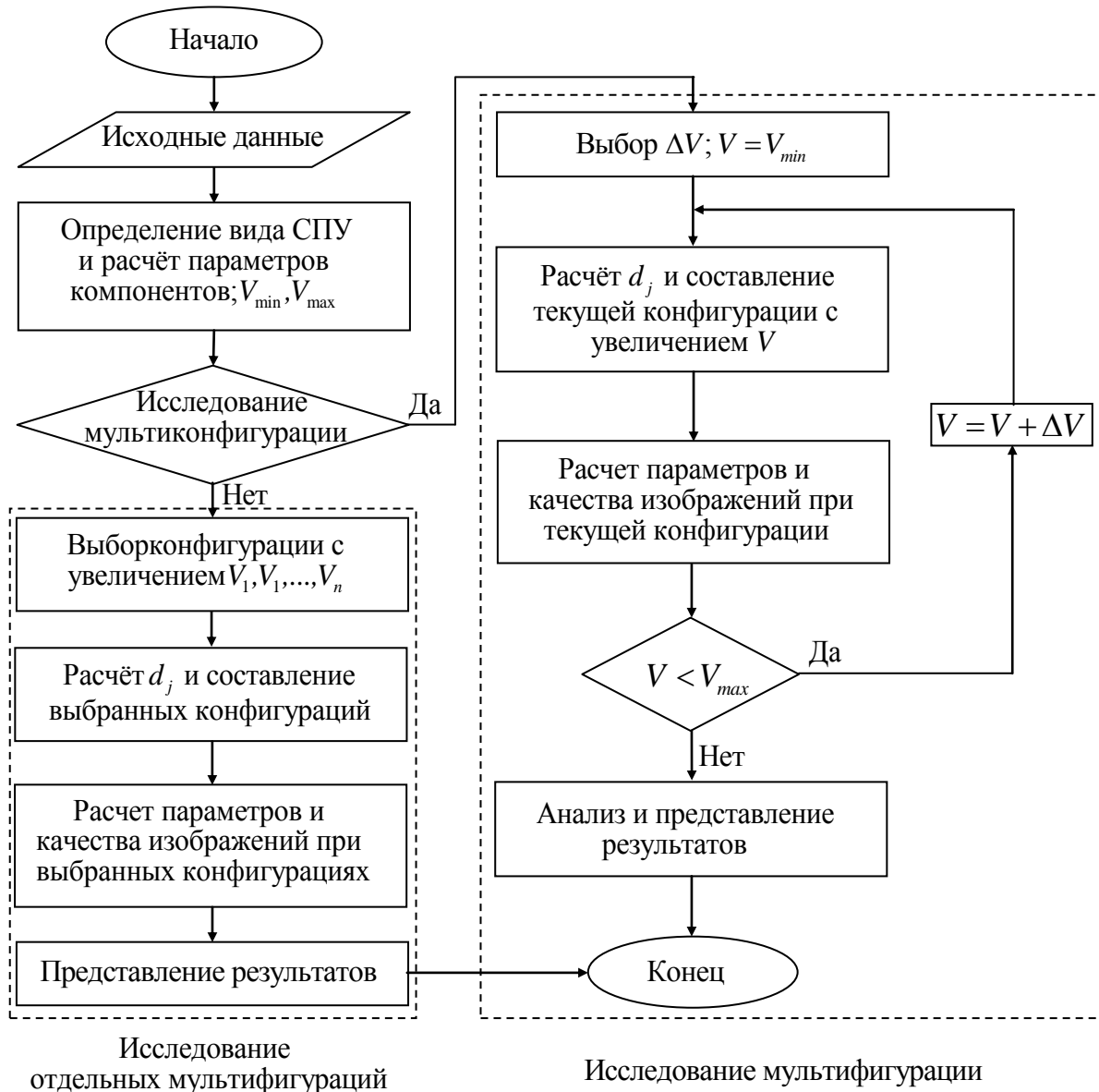


Рис. 1. Короткая блок-схема программы анализа качества изображений, образованных реальными оптическими системами переменного увеличения

В разработанном алгоритме реализованы два варианта для анализа качества изображений, образованных оптической СПУ: исследование отдельных конфигураций и мультиконфигурационное исследование. Исследование отдельных конфигураций позволяет проводить анализ качества изображения при различных конкретных значениях линейного увеличения на диапазоне изменения увеличения. При этом входными данными являются значения увеличения V_1, V_1, \dots, V_n . Для каждой конфигурации с увеличением V_j на основе выражений для габаритного расчета оптических СПУ [1–3] определяются осевые расстояния d_j , изменение которых в исходной системе дает соответствующие конфигурации системы, необходимые для расчета и анализа качества изображений.

Исследование мультиконфигурации позволяет провести анализ качества изображения и изменяющихся параметров на всем диапазоне изменения линейного увеличения системы переменного увеличения. При этом можно построить графики, отражающие изменение характеристик изображения в зависимости изменения увеличения. В этом случае на основе входных данных, которыми являются величины изменения линейного увеличения ΔV , производится расчет характеристик качества изображения конфигурации при изменении увеличения на ΔV по сравнению с предыдущей конфигурацией. Для каждой конфигурации с увеличением V на основе выражений для габаритного расчета систем переменного увеличения [1–3] определяются расстояния d_j . Заменяя эти расстояния в исходной конфигурации, получаем текущую конфигурацию, для которой производится расчет параметров оптических систем и характеристик качества изображения. Этот процесс повторяется до тех пор $V > V_{\max}$. В результате формируются последовательности значения характеристик, также реализована возможность представления полученных значений в виде графиков для диапазона изменения увеличения системы переменного увеличения или фокусного расстояния системы в целом.

Оптическая СПУ имеет большое число изменяющихся параметров и характеристик в зависимости от свойств и значения параметров системы. Наиболее распространенные из них:

- характеристики параметров оптической системы: закон перемещения компонентов, возможный сдвиг плоскости изображения, изменения диаметра и смещение положения входного зрачка (или выходного зрачка), и т.д.;
- характеристики, отражающие качество изображения: aberrации третьего порядка и aberrации реального луча, размер пятна рассеяния (RMS), функция частотно-контрастной характеристики (ЧКХ), распределение энергии в точке изображения, и т.д.

Использование алгоритма анализа качества изображения, образованного оптической системой переменного увеличения

На основе разработанного алгоритма в среде MathLAB была создана программа оценки качества изображений оптических систем. При работе программы все необходимые оптические расчеты производятся при помощи автоматизированного использования функций программы автоматизированного проектирования оптических систем ZEMAX с помощью механизма DDE.

Разработанная программа позволяет:

- быстро оценить качество изображения, образованного оптической СПУ;
- провести анализ изменения качества изображения на всем диапазоне изменения линейного увеличения;
- провести наглядный анализ по представленным графическим зависимостям;
- проводить анализ реальной оптической системы на основе анализа оптической системы из тонких компонентов.

На рис. 2 представлены графики изменения некоторых характеристик качества изображений, образованных оптическими системами объектива с диапазоном изменения фокусного расстояния от 22,5 до 227,2 мм, при исследовании в режиме мультиконфигурации на всем диапазоне значений фокусного расстояния.

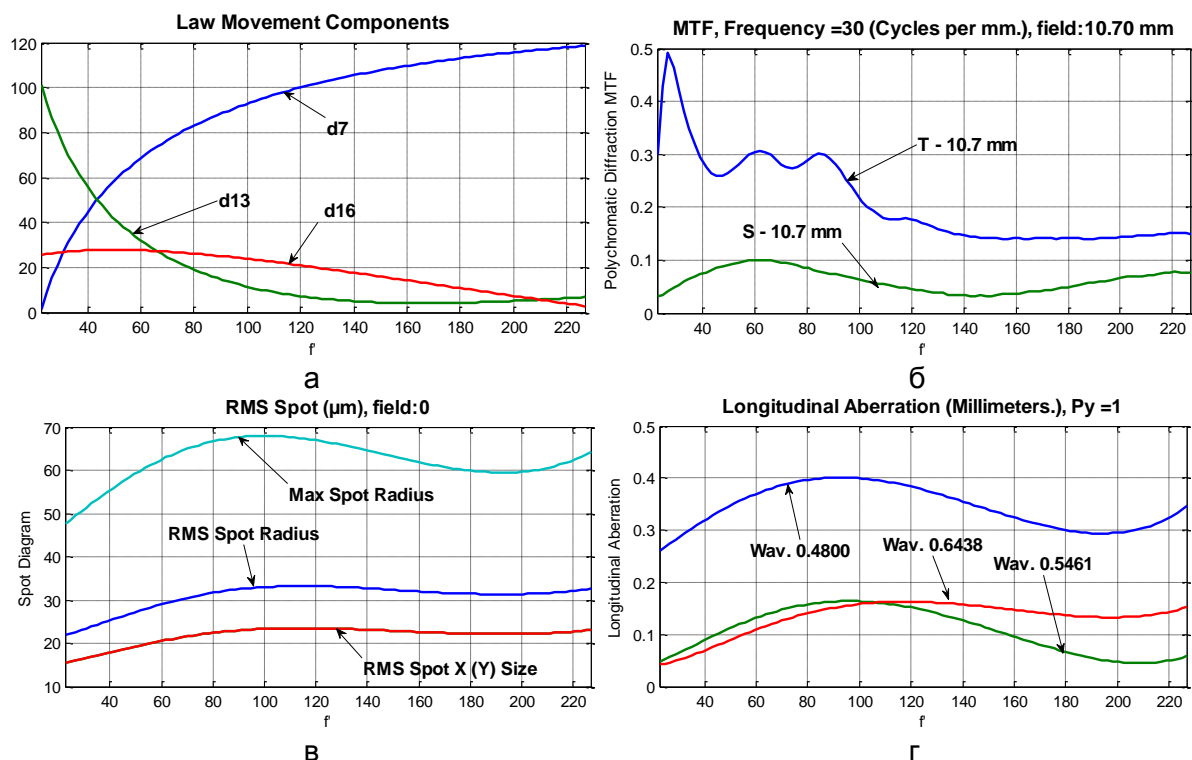


Рис. 2. Некоторые характеристики качества изображения при исследовании в режиме мультikonфигурации: законы перемещения компонента СПУ (а); изменение значения ЧКХ при частоте 30 лин/мм (б); изменение размера пятна рассеяния (в); изменение значения сферическая aberrация (г)

Выводы

1. Метод, рассмотренный в данной работе, может быть использован для оценки качества изображений, образованных оптическими системами с произвольным числом перемещающихся компонентов, если известны законы перемещения компонентов для изменения увеличения и диапазон изменения увеличений (фокусных расстояний) такой системы.
2. Рассмотрен метод определения основных параметров оптических компонентов конечной толщины на основе применения теории основных параметров тонкого оптического компонента и определения aberrации третьего порядка изображений, образованных оптическими компонентами конечной толщины.
3. Предложены метод и алгоритм оценки качества изображений, образованных реальными оптическими системами переменного увеличения.

Литература

1. Ezhova K., Zverev V., Nguyen V. Analysis of aberration properties of two-components zoom lenses // Optical Modelling and Design III. Proc. SPIE. – 2014. – V. 9131. – P. 91311T-1–91311T-9.
2. Ezhova K., Zverev V., Ezhova V. Aberration properties of thin lenses and composition of optical systems // Optical Modelling and Design III. Proc. SPIE. – 2014. – V. 9131. – P. 91311W-1–91311W-11.
3. Ezhova K., Zverev V.A., Nguyen L.V. Aberrational properties of a thin component as the basic element in a variable-magnification optical system // Journal of Optical Technology. – 2013. – V. 80. – № 12. – P. 738–740.

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ
СИСТЕМЫ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАННЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ
ГИДРОФОНОВ ДЛЯ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ**

М.Е. Ефимов

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

В работе рассмотрено решение проблемы разработки и исследования высокочувствительной системы мультиплексированных волоконно-оптических гидрофонов для геофизической разведки. В ходе выполнения работы были выполнены следующие задачи: исследование преимуществ различных способов мультиплексирования волоконно-оптических гидрофонов и выбор наиболее подходящего; создание и мультиплексирование волоконно-оптических гидрофонов; проведение экспериментального исследования действующего макета мультиплексированных волоконно-оптических гидрофонов.

Введение

В работе рассмотрено решение проблемы разработки и исследования высокочувствительной системы мультиплексированных волоконно-оптических гидрофонов (ВОГ) для геофизической разведки полезных ископаемых на морском шельфе.

Высокая чувствительность волоконно-оптических датчиков, обусловленная использованием высокоточных интерферометрических методов регистрации фазовых возмущений в чувствительных волокнах, позволяет регистрировать сверхслабые акустические сигналы в инфразвуковой области спектра частот. Помимо этого, волоконно-оптические датчики обладают существенными преимуществами по сравнению с традиционными пьезоэлектрическими датчиками – высокой чувствительностью, большим динамическим диапазоном и устойчивостью к электромагнитным помехам.

Эти достоинства волоконно-оптических датчиков делают привлекательным создание высокочувствительных гидрофонов на их основе, что является необычайно актуальной задачей в современных технико-экономических условиях.

В процессе практической реализации схемы мультиплексирования ВОГ неизбежно возникает ряд вопросов, связанных с обеспечением необходимых для нее технических требований. К ним можно отнести: выбор оптимальной оптической схемы, а также выбор метода мультиплексирования большого числа ВОГ.

Таким образом, в ходе разработки и исследования ВОГ была:

- выбрана наиболее оптимальная с точки зрения возможных достижимых параметров чувствительности принципиальная оптическая схема;
- проведено исследование преимуществ различных способов мультиплексирования ВОГ и выбор оптимального метода мультиплексирования;
- проведено создание и мультиплексирование ВОГ;
- проведено экспериментальное исследование действующего макета мультиплексированных ВОГ.

В результате разработана и исследована высокочувствительная система мультиплексированных ВОГ для геофизической разведки полезных ископаемых на морском шельфе.

Теоретическое исследование конструкции чувствительного элемента

В качестве чувствительного элемента гидрофона использовался цилиндрический сердечник из силиконового материала с модулем Юнга, равным 5,6 МПа, и коэффициентом Пуассона 0,49932. Данная конструкция была выбрана в результате математического моделирования в среде Comsol Multiphysics [1]. На эластичный сердечник наматывалось 45 м специального оптического волокна с сохранением поляризации во избежание появления поляризационных шумов.

В данной работе использовался способ мультиплексирования по времени с использованием волоконных брегговских решеток (ВБР) на одной длине волны. Данный метод мультиплексирования и оптическая схема позволят успешно объединить в массив до четырех ВОГ без использования дорогостоящего широкополосного источника, необходимого для мультиплексирования по длине волны.

Итоговая оптическая схема приведена на рис. 1.

В качестве отражающих элементов в конструкции ВОГ использовались ВБР и зеркала. Также был использован X-разветвитель для увеличения количества мультиплексированных гидрофонов с 2 до 4 на одном канале. Это также способствовало более точному согласованию плеч интерферометра и, следовательно, уменьшения фазового шума в измерительном тракте [2].

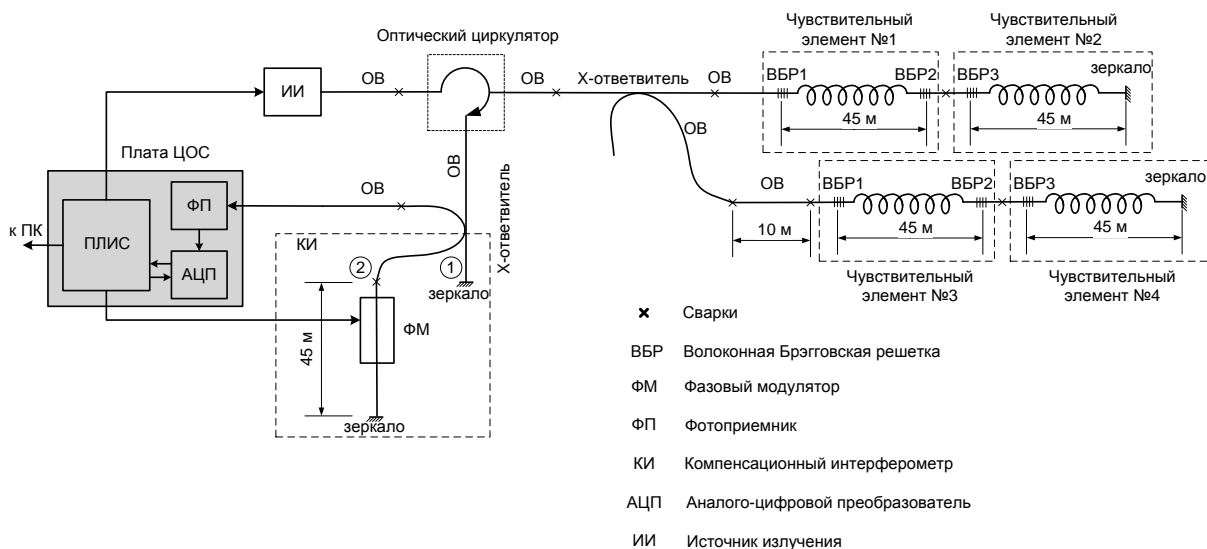


Рис. 1. Оптическая схема системы мультиплексированных ВОГ

В ходе экспериментального исследования разработанного действующего макета мультиплексированных ВОГ была оценена характеристика направленностей для двух последовательно расположенных чувствительных элементов и определено необходимое минимальное расстояние между ними для получения равномерной характеристики направленности [3].

Теоретическое исследование характеристики направленности

Рассмотрим антенну, состоящую из двух точечных элементов. Антенна содержит два одинаковых и синфазно колеблющихся точечных приемников, отстоящих друг от друга на расстоянии d – такую антенну называют двухэлементной. На каждый элемент воздействует давление p_1 и p_2 соответственно. Ее характеристика направленности (ХН) описывается выражением [4]:

$$R(\theta) = \cos\left(\frac{kd \sin \theta}{2}\right) = \cos\left(\frac{\pi d \sin \theta}{\lambda}\right). \quad (1)$$

Из формулы (1) видно, то направленность двухэлементной антенны зависит лишь от ее волнового размера d/λ . При малом размере ($d \ll \lambda$) функция $R(\theta) \approx 1$, направленность отсутствует; это означает, что оба приемника сливаются в один точечный приемник, который не имеет направленности. При $d = \lambda$ в направлениях оси симметрии ($\theta = \pm 90^\circ$) разность фаз между давлением на первый приемник (p_1) и давлением на второй (p_2) составляет $\Delta\varphi = k\Delta r = \left(2\frac{\pi}{\lambda}\right)\frac{d}{2} = \pi$, давления p_1 и p_2 складываются в противофазе и $R(\theta) = 0$. При больших размерах антенны ($d \gg \lambda$) появляется много направлений, в которых функция $R(\theta)$ максимальна и минимальна. Так, при $\left(\pi\frac{d}{\lambda}\right) \sin \theta = n\pi$ (n – целое число), $R(\theta) = \pm 1$, а в этих направлениях p_1 и p_2 складываются в фазе, а при $\left(\pi\frac{d}{\lambda}\right) \sin \theta = (2n + 1)\pi/2$ функция $R(\theta) = 0$ – это направления минимумов, давления p_1 и p_2 противофазны [4].

Расчет и анализ ХН целесообразно вести с помощью графика косинуса. Для удобства введем обозначение $\varphi = \left(\pi\frac{d}{\lambda}\right) \sin \theta$ и рассмотрим диаграмму направленности как функцию параметра φ . Параметр φ позволяет определять зависимость функции $R(\varphi)$ от частоты, размера и угла θ , причем влияние d и f на φ одинаково [4].

При малых волновых размерах (d/λ) и изменении θ от 0 до 90° значение φ будет изменяться от нуля до близкого к нулю значения. При этом функция R будет плавно уменьшаться от 1 до значения близкого к единице (0,8–0,9). Таким образом, при малых волновых размерах антенна практически не обладает направленностью [4].

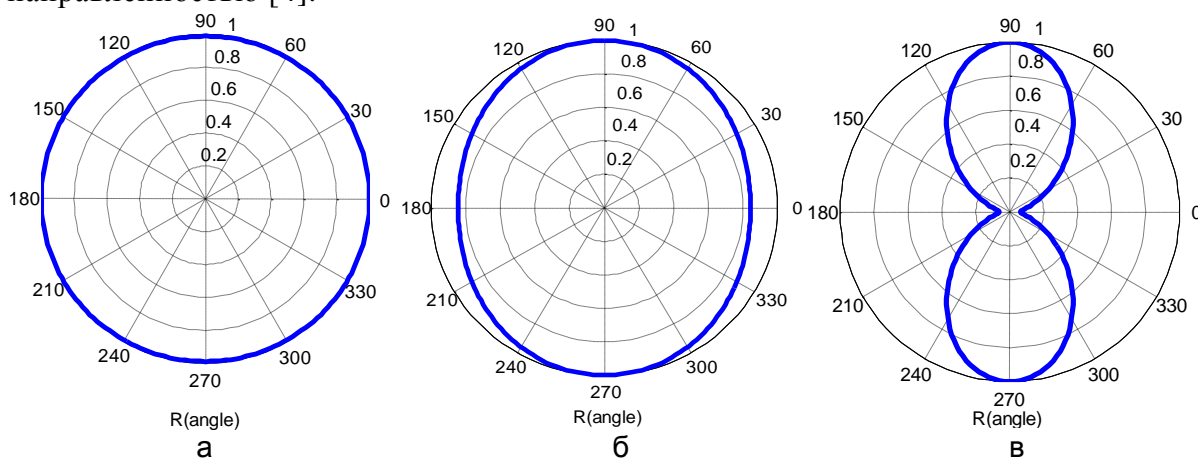


Рис. 2. Расчетная характеристика направленности сдвоенного ВОГ на частотах 1000 Гц (а), 3000 Гц (б) и 8000 Гц (в)

Теоретические характеристики направленности, полученные в ходе математического анализа в среде Mathcad (рис. 2) отражают зависимость характеристики направленности сдвоенного ВОГ от частоты. Заметно, что с увеличением частоты акустического воздействия возрастает неравномерность ХН, поскольку при этом возрастают волновые размеры системы преобразователей.

Экспериментальное исследование характеристик направленности ВОГ

Для проверки теоретического исследования были изготовлены и экспериментально исследованы два ВОГ, расположенные на расстоянии 7 см друг от друга (далее «макет»).

Экспериментальное исследование ВОГ проводилось в открытой воде (на испытательном полигоне оз. Ладожское) для обеспечения отсутствия акустических переотражений при излучении низкочастотных акустических волн. В ходе проведения измерений макет размещался на поворотном устройстве в одной плоскости с опорным гидрофоном, а излучатель был размещен на расстоянии 6 м от опорного гидрофона и макета. Все измерительное оборудование находилось на одной глубине 11 м. Характеристика направленности снималась с помощью устройства, поворачивающего макет сдвоенного волоконно-оптического гидрофона на 360°. Сигнал с макета записывался непрерывно и одновременно с вращением на каждой акустической частоте измерений отдельно.

Полученные в ходе эксперимента результаты оценок характеристик направленности макета представлены на рис. 3.

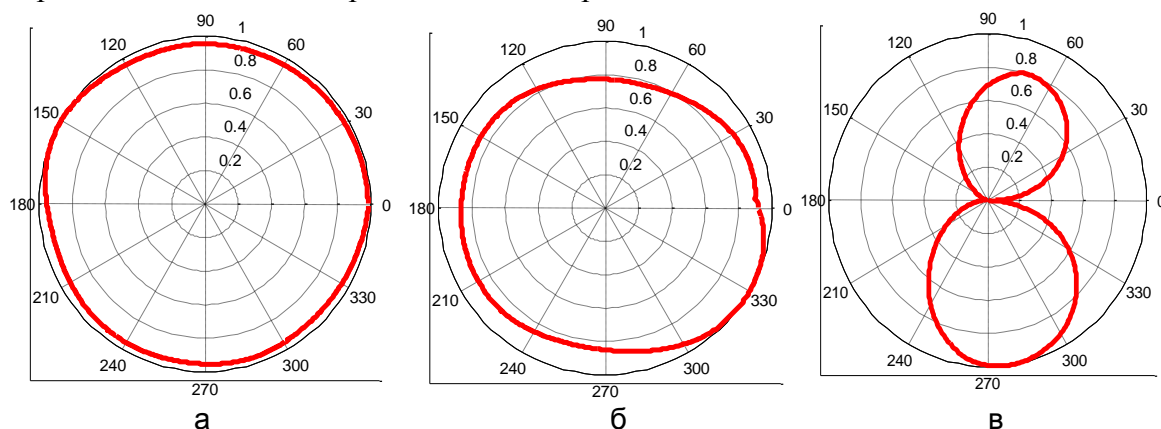


Рис. 3. Экспериментальная характеристика направленности сдвоенного ВОГ на частотах 1000 Гц (а), 3000 Гц (б) и 8000 Гц (в)

Несимметричность графиков экспериментальных характеристик направленности предположительно обусловлена влиянием опорного гидрофона, используемого для оценки величины акустического давления и расчета чувствительности испытуемого образца.

Результаты испытаний показали, что гидрофоны можно использовать как точечные приемники акустического поля, не обладающие направленностью, только в низкочастотной области (для предложенной конструкции ниже 3 кГц), на частотах выше 3 кГц предложенная конструкция приобретает выраженную направленную характеристику и может быть использована как направленный приемник.

Данные полученные при экспериментальном исследовании подтвердили корректность предложенной ранее теоретической модели.

Области возможного использования результатов

Акустические датчики разрабатывались для военных задач гидроакустического обнаружения противника и разведки месторождений углеводородов – геофизических исследований в течение многих десятилетий. В настоящее время сейсмические системы являются основным инструментом для поиска полезных ископаемых и геофизических исследований и получают все более широкое распространение ввиду активного освоения северного морского шельфа в целях разведки и добычи углеводородов. Обеспечение мобильной морской сейсморазведки нефтегазовых месторождений в шельфовой зоне северных морей России в последние годы приобретает все большую актуальность в связи с

высоким спросом на углеводородное сырье и сокращением свободных запасов углеводородов на материковых месторождениях.

Разрабатываемая схема волоконно-оптических интерферометрических акустических датчиков имеет большой практический потенциал во многих областях современной науки и технологий, и может применяться:

- для геофизических исследований;
- сейсморазведки полезных ископаемых;
- мониторинга состояния земных недр;
- в виброакустических системах охраны периметра;
- для контроля состояния трубопроводов;
- в гидроакустических системах различного назначения – как в военных целях (волоконно-оптические гидроакустические антенны), так и для гражданского применения (морские донные и буксируемые сейсмические косы).

Помимо этого результаты проведенных исследований также могут быть использованы для построения волоконно-оптических акустических датчиков (волоконно-оптических гидрофонов) для других назначений – промышленного производства, гражданского машиностроения, военного и гражданского судостроения и защиты окружающей среды.

Заключение

В ходе выполнения работы были выполнены следующие задачи:

- выбор наиболее оптимальной с точки зрения возможных достижимых параметров чувствительности принципиальной оптической схемы;
- исследование преимуществ различных способов мультиплексирования ВОГ и выбор наиболее подходящего;
- создание и мультиплексирование ВОГ;
- проведение экспериментального исследования действующего макета мультиплексированных ВОГ.

В результате была разработана и экспериментально исследована высокочувствительная система мультиплексированных ВОГ для геофизической разведки.

Литература

1. Ефимов М.Е., Плотников М.Ю., Куликов А.В. Моделирование и экспериментальное исследование чувствительного элемента волоконно-оптического гидрофона // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2014. – № 5(93). – С. 158–163.
2. Киреев А.Ю., Мехреньгин М.В., Алейник А.С., Ефимов М.Е. Снижение уровня шумов в измерительном тракте интерферометрического волоконно-оптического гидрофона // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание. – 2015 [Электронное издание]. – Режим доступа: <http://openbooks.ifmo.ru/ru/file/1098/1098.pdf>, своб.
3. Ефимов М.Е., Плотников М.Ю., Мехреньгин М.В., Лавров В.С. Исследование характеристик направленности сдвоенного волоконно-оптического гидрофона // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. – Т. 15. – № 6. – 1015–1020.
4. Свердлин Г.М. Гидроакустические преобразователи и антенны. – Л.: Судостроение, 1988. – 200 с.

АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ SEO-ДАНЫХ

С.А. Жигалова

Научный руководитель – к.т.н., доцент Т.В. Зудилова

Рассматриваются вопросы о работе поисковых систем, работа по оптимизации сайта, а также актуальность создания алгоритма для поиска позиции сайта по задаваемым факторам, представлены результаты выполнения работы.

Ключевые слова: поисковые системы, ранжирование, алгоритм.

В настоящее время вопросы поиска требуемой информации являются актуальными в процессе формирования многочисленных интернет-запросов. Насколько быстро пользователь находит интересующую его информацию, зависит от специальных поисковых механизмов – поисковых систем.

Согласно данным британской компании Netcraft, в сентябре 2014 года количество сайтов в мире превысило отметку в 1 миллиард и составило 1022954603 сайта [1]. И это не предел, каждый месяц добавляются все новые и новые сайты. Как же найти нужную информацию среди всех этих сайтов? На помощь интернет-пользователя приходят такие сервисы, как поисковые системы. Поисковых систем в мире достаточно много, только в России их порядка 30 штук. На рис. 1 представлен график популярности поисковых систем в нашей стране по данным портала LiveInternet. В России наиболее популярны такие поисковые системы как Google и Яндекс.

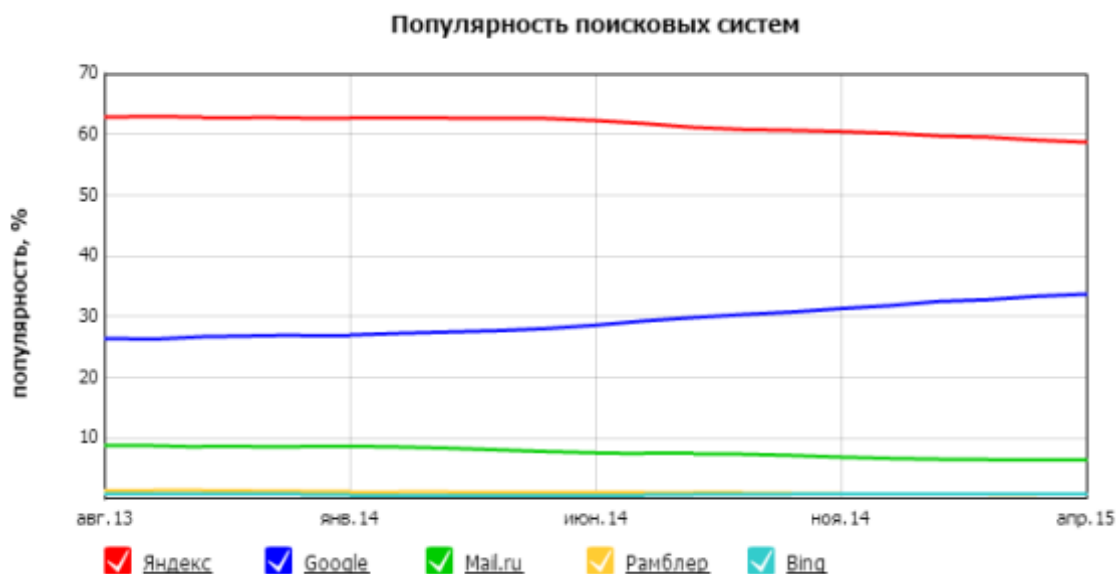


Рис. 1. График популярности поисковых систем в России

Пользователи могут искать как справочную информацию, так и различные услуги. Таким образом, поисковая выдача является рекламной площадкой для сайтов, предоставляющих услуги (например, интернет-магазины или сайты-визитки).

С точки зрения пользователей главным критерием поисковых систем является качество поиска. Чем популярнее поисковая система, тем больше денег она заработает через свои рекламные сервисы. Для того чтобы отвечать запросам современных людей поисковые системы ставят перед собой следующие задачи, на базе которых и строится весь процесс ранжирования документов:

- обеспечение релевантной выдачи (в настоящий информационный век поисковые системы должны постоянно совершенствовать свои алгоритмы ранжирования страниц для того, чтобы отвечать на запросы пользователей – правильно и быстро отвечать на поставленный вопрос);

- обеспечение разнообразной выдачи (на неточные запросы поисковая система представляет в выдаче страницы по различным тематикам для того, чтобы угадать, что именно хотел пользователь);
- геоинформационная выдача (существуют запросы, которые имеют региональную привязку, например, по запросу «купить платье СПб» на первых страницах будут представлены региональные сайты по Санкт-Петербургу).

Опишем основной принцип работы поисковой системы. Для того чтобы страницы сайты были видны в результатах поиска, поисковые системы должны знать о них – другими словами, страницы сайта должны быть проиндексированы поисковыми системами.

Поисковые системы хранят в своих базах данных кешированные страницы сайтов – тот образ, которые сохранил поисковый робот на момент посещения страницы (рис. 2). При вводе запроса поисковики на основе большого количества факторов (о них будет сказано ниже) в первую очередь релевантности (соответствия поискового запроса тексту страницы) производят выборку наиболее релевантных страниц, затем упорядочивают их на основе своих принципов ранжирования и упорядоченно выводят в результатах поиска [2].

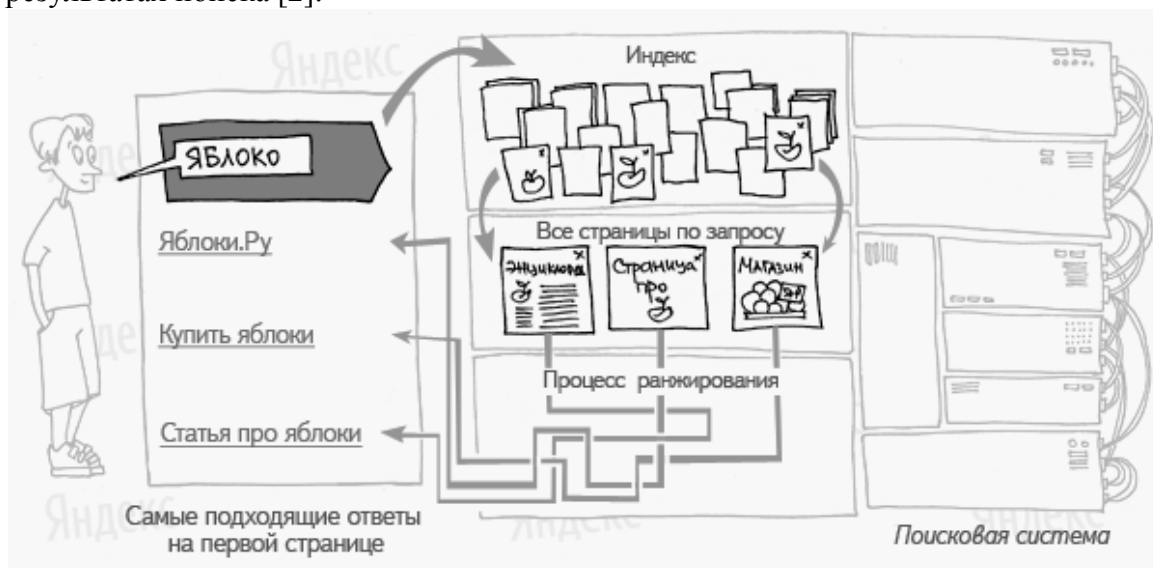


Рис. 2. Принцип работы поисковых систем

Специалистов по продвижению интересует именно процесс ранжирования сайтов, ведь именно в этот момент происходит распределение позиций для всех сайтов.

Когда-то давно функция ранжирования выражалась одной единственной формулой, подобранной вручную. Со временем появилась необходимость перехода от ручного подбора формулы к машинному обучению.

Основная идея машинного обучения заключается в том, что имея обучающую программу и примеры данных с закономерностями, можно построить некоторую математическую модель и находить закономерности в новых данных [3].

Входными данными для обучаемой функции, по которым она должна определить порядок документов для любого другого запроса, выступают так называемые факторы – различные признаки страниц. Эти признаки могут как зависеть от запроса (например, учитывать, сколько его слов содержится в тексте страницы), так и нет (например, отличать стартовую страницу сайта от внутренних факторов).

Машинное обучение использует обучающую выборку, чтобы установить зависимость между порядком страниц для запроса, полученным исходя из их оценки людьми, и признаками этих страниц. Полученная функция используется для ранжирования по всем запросам, независимо от наличия по ним экспертных оценок. Примерный цикл решения задачи по машинному обучению представлен на рис. 3.

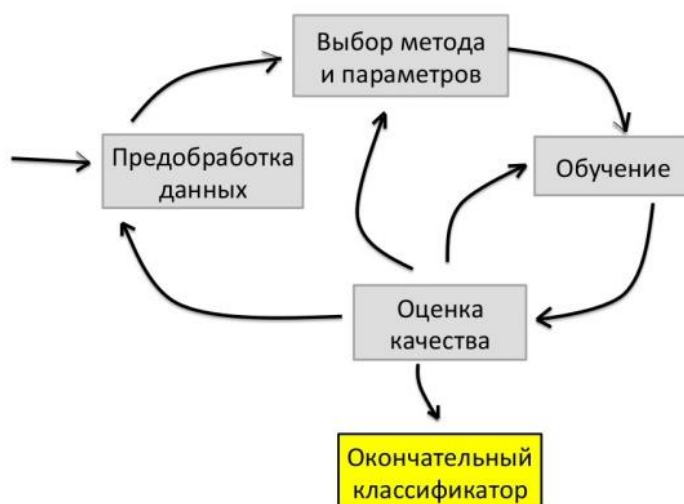


Рис. 3. Цикл решения задачи по машинному обучению

Факторы в ранжировании играют даже более важную роль, чем умение подбирать формулу. Ведь чем более разнопланово признаки будут различать разные документы, тем более действенной сможет быть функция ранжирования. Все факторы можно разделить на следующие группы [4]:

- контентные факторы – вся информация, содержащаяся на сайте;
- доменные факторы – характеристики домена;
- внутренние факторы – то, что характеризует сайт в целом;
- ссылочные факторы;
- поведенческие факторы – анализ поведения людей на сайте.

В связи с тем, что у специалистов нет четких инструкций по тому, что именно нужно изменить на сайте, чтобы с полной уверенностью сказать, что сайт будет на первых позициях, а время ожидания очередного обновления выдачи бывает больше двух недель, актуальным является совершенствование работ по оптимизации сайта. А именно, построение алгоритма для нахождения некоторой закономерности между изменяемыми факторами и будущей позиции сайта.

Для решения поставленной задачи подходит модель множественной регрессии, которая представляет собой уравнение, отражающее корреляционную связь между зависимой переменной и несколькими независимыми переменными. В качестве функции регрессионной модели была выбрана линейная.

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_NX_N,$$

где Y – позиция сайта; $X_{1..N}$ – фактор ранжирования; $b_{0..N}$ – неизвестные коэффициенты при факторах.

Для определения величины b был использован метод наименьших квадратов [5].

Среди преимуществ метода наименьших квадратов следует особенно отметить легкость вычислительной процедуры и хорошие по статистическим свойствам оценки.

Для реализации алгоритма выбран язык программирования Python из-за его преимуществ:

- огромное количество подключаемых модулей для работы со статистическими данными;
- кроссплатформенность;
- понятный и лаконичный синтаксис.

В ходе выполнения настоящей работы решена задача по созданию алгоритма для выявления позиции сайта в выдаче при внесении изменений на нем.

Алгоритм не гарантирует «попадания» сайта в ТОП, но на основе данных измененных факторов может подсчитать с какой вероятностью он будет на высоких позициях. При определенных сочетаниях правок, можно будет найти более

эффективный метод оптимизации, на основе математической статистики, а не интуиции.

Алгоритм может быть модифицирован добавлением возможности учета изменений на сайтах конкурентов.

Представленный алгоритм имеет практическую направленность и планируется к внедрению в одной из компаний, занимающейся продвижением сайтов.

Литература

1. «September 2014 Web Server Survey» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://news.netcraft.com/archives/2014/09/24/september-2014-web-server-survey.html>, своб.
2. Неелова Н., Моргачева А., Загребельный Г., Фролкина Е., Шпорт К. Sembook. Энциклопедия поискового продвижения Ingate. – Изд-во Питер, 2014. – 520 с.
3. Принципы ранжирования поиска Яндекса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://company.yandex.ru/rules/ranking/> своб.
4. Ашманов И.С., Иванов А. Оптимизация и продвижение сайтов в поисковых системах. – 3 изд. – Изд-во Питер, 2011. – 464 с.
5. Эконометрика: Учебник / Под ред. И.И. Елисеевой. – М.: Финансы и статистика, 2001. – С. 90–176.

УДК 539.216.1; 53.083.2; 53.084.2

УЛУЧШЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ В СКАНИРУЮЩЕЙ СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ НАНООБЪЕКТОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КАНТИЛЕВЕРОВ С ВИСКЕРАМИ

М.В. Жуков

(Университет ИТМО; Институт аналитического приборостроения РАН)

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор А.О. Голубок

(Университет ИТМО; Институт аналитического приборостроения РАН)

Произведено тестирование специализированных зондов на основе платиноуглеродных нановискеров на объектах различной природы методом атомно-силовой микроскопии. Исследовано отображение наноразмерных элементов поверхностей образцов стандартными зондами и зондами с нановискерами. Произведено сравнение полученных изображений и оценка влияния нановискеров на разрешение изображения поверхности образцов. Выявлено улучшение разрешающей способности атомно-силовой микроскопии при использовании зондов с платиноуглеродными нановискерами, а также повышение качества отображения фронта областей сильных перепадов высот.

Ключевые слова: нановискер, разрешающая способность, сканирующая зондовая микроскопия, тестирование зондов, зонды с нановискерами, атомно-силовая микроскопия.

Введение

Одними из основных факторов, определяющих пространственное разрешение и контраст сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ), являются геометрия и свойства используемых зондов. Известны методы модификации зондов нанотрубками и нановискерами, улучшающие качество СЗМ-изображений [1–3].

Одним из широко применяемых методов выращивания нановискеров является метод молекулярно-пучковой эпитаксии (МПЭ) [4]. В данном направлении ведутся работы по модификации и контролю параметров роста нановискерных структур [5, 6]. Преимуществом метода является возможность создания массивов нановискеров

в промышленных масштабах с высокой степенью упорядоченности. Метод МПЭ применяется также и для выращивания нановискерных структур на кончиках зондов для СЗМ [7], однако существует проблема контроля параметров при создании одиночных нановискеров, используемых при сканировании объектов со сложной топологией поверхности.

Для решения данной проблемы был разработан новый метод выращивания нановискеров под пучком электронов в вакууме [8], который позволяет создавать за относительно короткое время и с достаточно высокой точностью единичные нановискеры с полностью контролируруемыми параметрами (длина, утолщение и направление роста).

Исследование и тестирование полученных нановискерных структур в основном проводится с помощью методов электронной и СЗМ [9, 10]. При этом при сканировании образцов с развитой топологией стандартными зондами и зондами с нановискерами наблюдаются существенные различия в разрешающей способности метода, требующие специального исследования.

Такое поведение зондов может быть связано как с их геометрическими параметрами и составом, так и с возникновением дополнительных сил взаимодействия с поверхностью, в частности, с капиллярными силами. В работах [11, 12] исследовалось влияние уровня гидрофобности и гидрофильности зондов на СЗМ-данные, а в [13, 14] исследовалась адгезия зондов к объектам различной природы.

Суть данной работы заключалась в изучении влияния зондов с одиночными Pt/C-нановискерами на разрешающую способность и контраст СЗМ-изображений при исследовании методом атомно-силовой микроскопии образцов различной природы с развитой топологией поверхности.

Объект исследования

Объектом исследований являлся одиночный Pt/C-нановискер, выращенный на вершине зонда для проведения высокоточных измерений методом атомно-силовой микроскопии и улучшения существующей разрешающей способности данного класса приборов. Характерный поперечный размер нановискеров, используемых в экспериментах, составлял около 30–40 нм. Радиус скругления вершины стандартного металлорганического нановискера имел значения от 7 до 12 нм. В работе использовались зонды с нановискерами длиной порядка 0,8–1,2 мкм (аспектное отношение соответственно $\alpha \sim 20\text{--}40$) [15].

В настоящей работе применен метод формирования одиночного металлорганического вискера под электронным пучком в присутствии газа-прекурсора. Основным преимуществом данного метода является то, что выращивается не совокупность вискероидов, а один упорядоченный нановискер с полностью контролируемыми параметрами. Используемые материалы (30% платина, 70% углерод) приводят к более высокой износостойкости и прочности нановискеров, а также большей инертности при исследовании биологических структур в физиологически активных средах по сравнению со стандартными кремниевыми зондами.

Полученные зонды с Pt/C-нановискерами были подвергнуты тестированию на прочность при многократном сканировании. Обнаруженная стабильность зондов с Pt/C-нановискерами во многом обусловлена оптимальным направлением роста и прочностными параметрами выращиваемых нановискеров [8]. Исходными зондами для выращивания нановискерных структур являлись зонды серии NSG01 [16] для работы в полуконтакте в воздушной среде.

Экспериментальная часть

Исследование работы зондов с нановискерами (НВ) в воздушной среде проходило в полуконтактной силовой моде для повышения устойчивости зондов с НВ, а также для уменьшения разрушающего воздействия зонда на образец. При исследовании структур решетки TGQ01 было выявлено, что уширение фронта на границе резких перепадов высот составляет гораздо меньшие значения при использовании зондов с НВ (рис. 1). Так, на сечении одной площадки можно увидеть уширение фронта перепада высот, составляющее для стандартного зонда значение ~ 160 нм, тогда как для зонда с НВ значения составили ~ 80 нм.

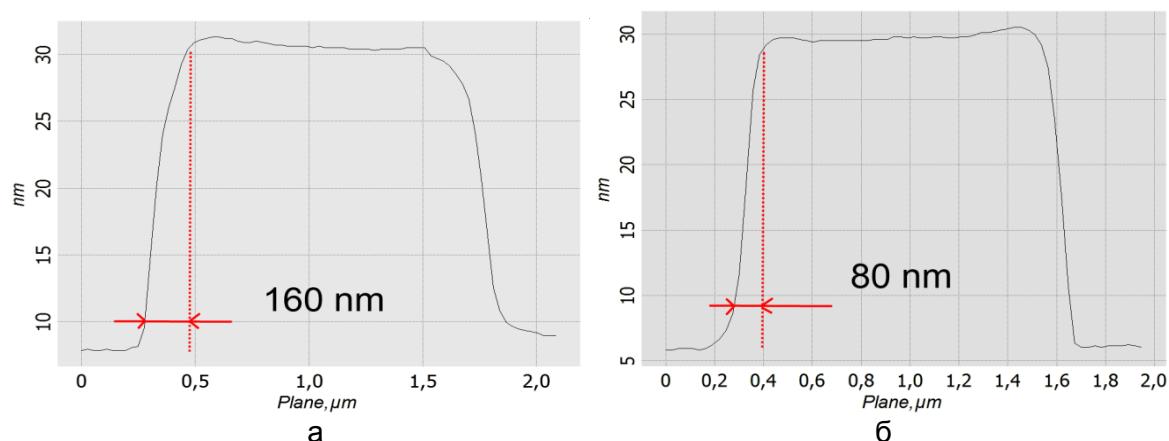


Рис. 1. СЗМ-изображения сечения одной ячейки калибровочной решетки TGQ01, полученные стандартным зондом (а) и зондом с НВ (б)

Улучшение отображения областей вертикальных стенок при использовании зондов с НВ 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 структуры сложной топологии.

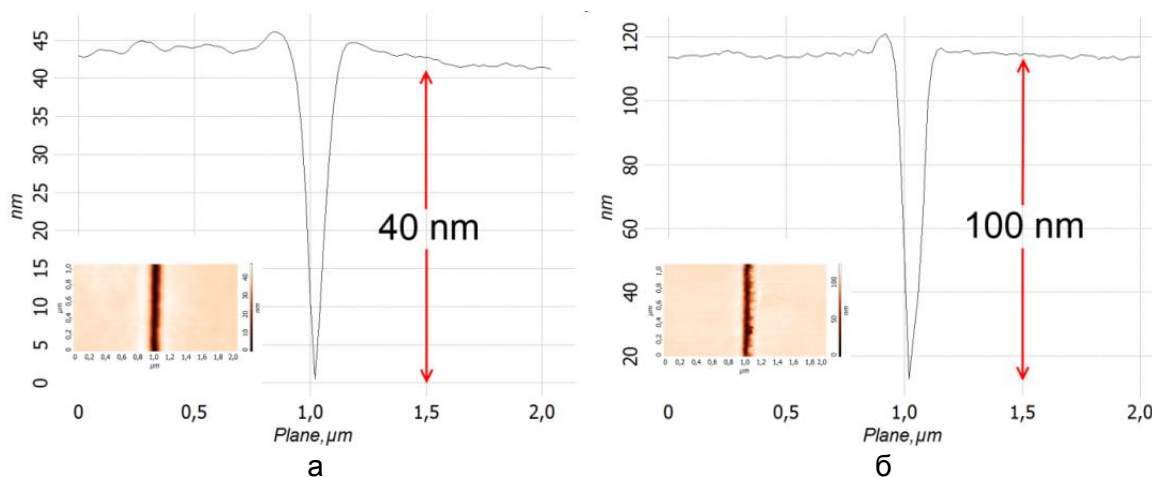


Рис. 2. СЗМ-изображения канала ПММА с характерным поперечным сечением, полученные стандартным зондом (а) и зондом с НВ (б)

Для подтверждения данного утверждения были созданы и измерены наноразмерные каналы в электронном фоторезисте полиметилметакрилата (ПММА) на поверхности кремния (рис. 2). 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, а, 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 Со) на поверхность НВ, выращенного на вершине кремниевой пирамиды стандартного зонда. В качестве образца использовался сегмент магнитного жесткого диска (рис. 3).

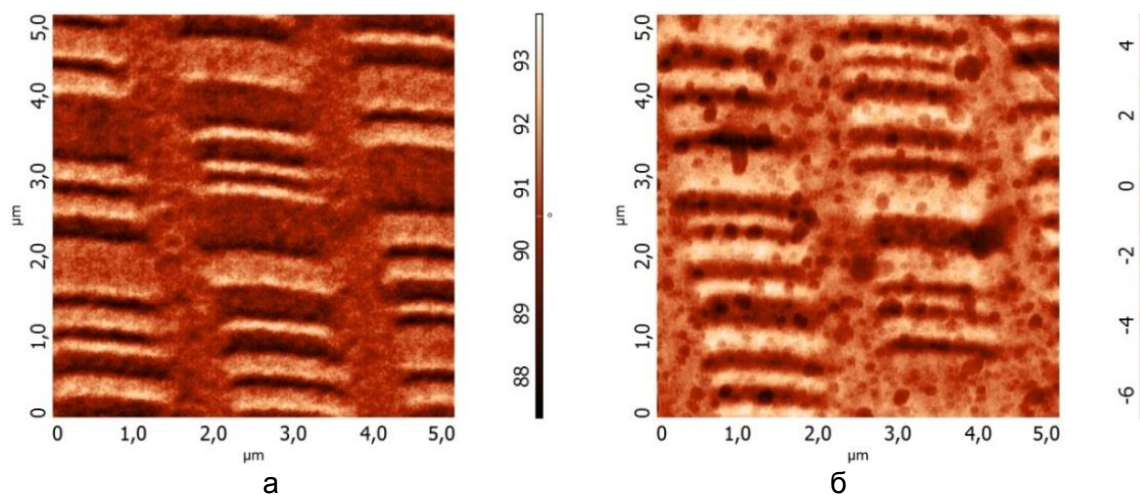


Рис. 3. СЗМ-изображения магнитных полей на поверхности жесткого диска, полученные стандартным зондом (а) и зондом с НВ (б)

Измерение магнитных полей проходило по двухпроходной методике. На первом проходе извлекалась информация о рельефе, тогда как на втором проходе проходила регистрация магнитных молей по изменению фазы колебаний зонда. В магнитной моде зонд над поверхностью образца колеблется на резонансной частоте ($f_0 \approx 133$ кГц), а наличие магнитного поля вносит дополнительное демпфирование, что регистрируется по сдвигу фаз между возбуждающей силой и колебаниями зонда. Колебания кантилевера в магнитном поле учитываются за счет ввода к жесткости кантилевера поправки dF/dz – градиента магнитного поля [17].

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 $10\text{--}14^\circ$ у НВ зонда). Под «кросс-эффектом» понимается влияние топологии поверхности, полученное на первом проходе, на распределение магнитного поля во втором проходе (темные области на изображениях). При этом следует отметить, что стандартный зонд также обладает «кросс-эффектом», но в меньшей степени, что можно связать с его геометрией (большая площадь контакта). Измерение магнитных полей проходило в обоих случаях на расстояниях $\Delta Z = 10$ нм между зондом и образцом. Для проверки отображения магнитных полей при других условиях было проведено сравнение отображения полей зондами с НВ на различных расстояниях ΔZ (рис. 4).

В результате проведенных исследований было выяснено, что на расстояниях $\Delta Z = 20\text{--}30$ нм зонд с НВ отображает магнитные поля подобно стандартным зондам. «Кросс-эффект» не так заметен, однако происходит ухудшение разрешения и контраста по фазе. Таким образом, зонды с НВ позволяют добиться лучшего разрешения и фазового контраста при отображении магнитных полей, однако при этом начинает проявляться структура самой подложки, наблюдается «кросс-эффект», что может быть связано с большей чувствительностью зонда с НВ благодаря его высокому аспектному отношению.

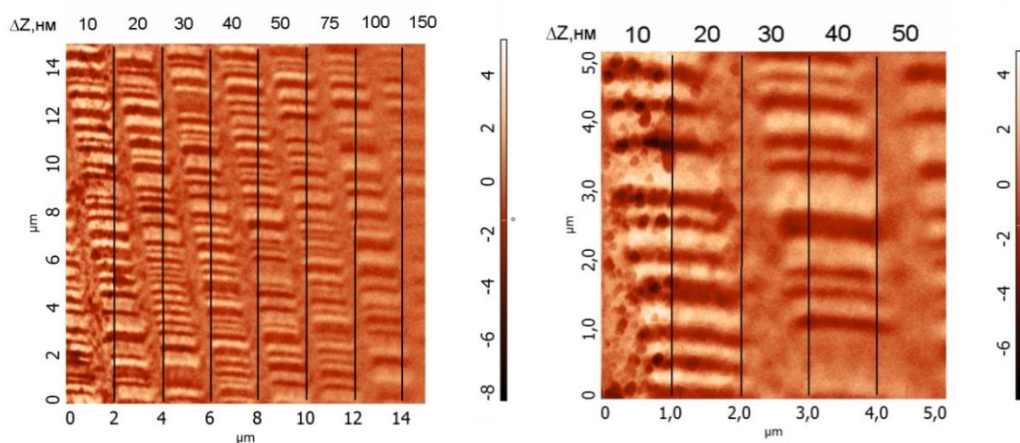


Рис. 4. СЗМ-изображения магнитных полей на поверхности жесткого диска, полученные зондом с НВ при различных значениях ΔZ расстояния «зонд-образец»

Следующими образцами при тестировании нановискерных зондов являлись биологические объекты, клетки крови – эритроциты. Обнаружено, что при использовании зондов с Pt/C-нановискерами существенно повышается качество изображения и разрешающая способность сканирующего зондового микроскопа. Зонды с нановискерами прорисовывают поверхность значительно детальней и четче стандартных зондов за счет высокого аспектного отношения и малого радиуса скругления кончика. Особенно сильно эти различия видны при увеличении масштаба области сканирования (рис. 5, 6).

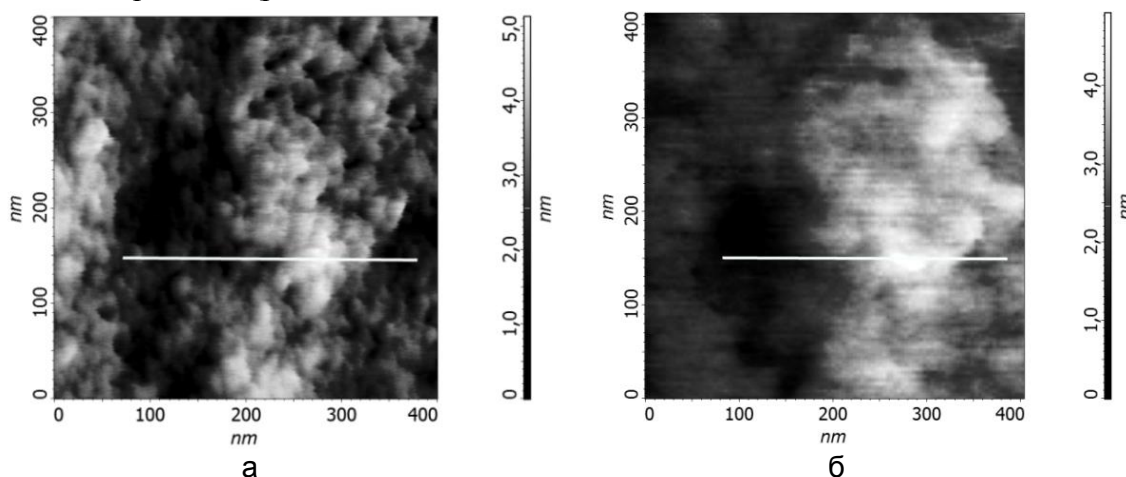


Рис. 5. Изображения поверхности мембраны эритроцита, полученные стандартным зондом (а) и зондом с нановискером (б)

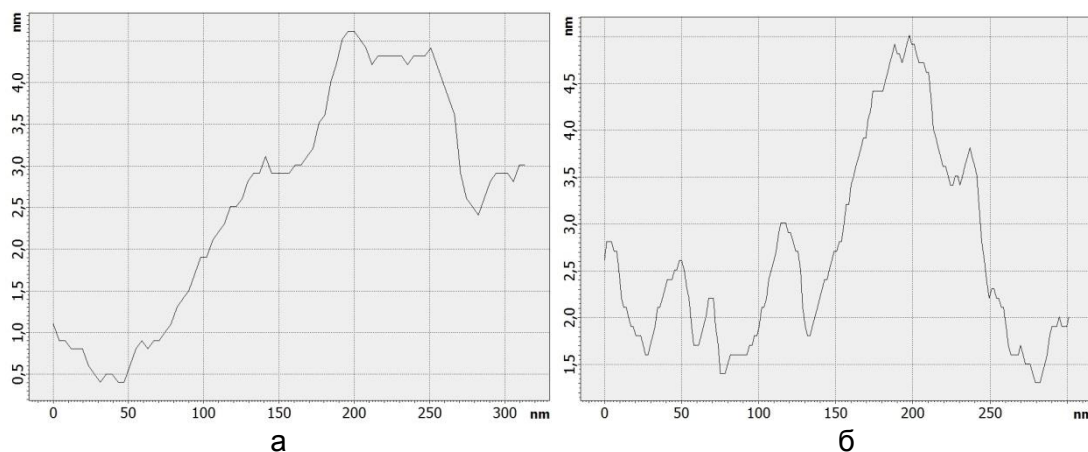


Рис. 6. Изображения сечений поверхности мембраны эритроцита, полученные стандартным зондом (а) и зондом с нановискером (б)

В результате проведенных опытов по снятию кривых отвода было обнаружено, что зонды с нановискерами обладают большей силой адгезии по сравнению со стандартными зондами. Определение силы адгезии проводилось по стандартным кривым отвода в контактной силовой моде. Сила адгезии F_a составила, соответственно, значения 35–55 нН для стандартного зонда и 60–350 нН для зонда с НВ.

При увеличении области сканирования зонды с нановискерами сохраняют высокую разрешающую способность вплоть до микронных размеров области сканирования. Начиная с области сканирования 400×400 мкм происходит незначительное «смазывание» изображения поверхности при работе зондами с НВ. Предел разрешения при работе со стандартными зондами при данных условиях проявился на области 3×3 мкм. При сканировании мембран эритроцитов можно увидеть наноразмерные объекты, которые стандартным зондом обнаружить не удалось.

Таким образом, данные исследования показывают преимущества Pt/C-нановискерных зондов по сравнению с обычными зондами и создают задел для дальнейшего изучения свойств нановискеров для практического применения и решения прикладных задач в области нанотехнологий.

Заключение

Исследованы объекты различной природы методом атомно-силовой микроскопии с помощью стандартных и модифицированных зондов с Pt/C-нановискерами. За счет более высоких значений аспектного отношения у зондов с нановискерами обнаружен лучший контраст и разрешающая способность СЗМ-микроскопии, в частности:

- выявлена более четкая прорисовка резких границ зондами с нановискерами на примере двумерной калибровочной решетки;
- показано улучшение проникающей способности зондами с нановискерными структурами по сравнению со стандартными зондами;
- выполнено улучшение отображения карты магнитных полей на поверхности магнитного диска при использовании зондов с нановискерами;
- проведено исследование поверхности мембран эритроцитов при использовании зондов с нановискерами. Выявлено улучшение качества изображения по сравнению со стандартными зондами на площадях вплоть до 400×400 нм.

В работе показано на объектах различной природы, что нановискерные зонды дают гораздо более детальное и достоверное изображение при сканировании нанорельефных поверхностей сложной топологии структуры по сравнению со стандартными зондами.

Данные исследования показывают преимущества Pt/C-нановискерных зондов по сравнению с обычными зондами и создают задел для дальнейшего изучения свойств нановискеров для практического применения и решения прикладных задач в области нанотехнологий.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (14-02-31703 мол_а); гранта программы У.М.Н.И.К. (№ 11698р/17266); премии грантов Правительства СПб (2015 г.); государственной финансовой поддержки ведущих университетов Российской Федерации (субсидия 074-U01).

Литература

1. Ashiri I., Gartsman K., Cohen S.R., Tenne R. Attachment of Single Multiwall WS₂ Nanotubes and Single WO_{3-x} Nanowhiskers to a Probe // AIP Conf. Proc. – 2003. – V. 685. – P. 545–549.
2. Kucukyildirim Bedri Onur. Usage of Carbon Nanotubes in Scanning Probe Microscopes as Probe // International Journal of Arts and Sciences. – 2009. – P. 1944–6934.
3. Kado H., Yokoyama K., Tohda T. A novel ZnO whisker tip for atomic force microscopy // Ultramicroscopy. – 1992. – V. 42–44. – P. 1659–1663.
4. Цырлин Г.Э., Сибирев Н.В., Sartel N., Harmand J.-C. Латеральное упорядочивание нановискеров GaAs на поверхностях GaAs(111)В и GaAs(110) при молекулярно-пучковой эпитаксии // ФТП. – 2008. – Т. 42. № 6. – С. 726–729.
5. Настовьяк А.Г., Неизвестный И.Г., Шварц Н.Л., Яновицкая З.Ш. Моделирование роста нановискеров методом Монте-Карло // ФТП. – 2010. – Т. 44. – № 1. – С. 130–135.
6. Gunther Richter, Karla Hillerich, Daniel S. Gianola, Reiner Monig, Oliver Kraft, Cynthia A. Volkert. Ultrahigh Strength Single Crystalline Nanowhiskers Grown by Physical Vapor Deposition // Nano Lett. – 2009. – V. 9. – № 8. – P. 3048–3052.
7. Dmitry Klinov, Sergei Magonov. True molecular resolution in tapping-mode atomic force microscopy with high-resolution probes // Applied physics letters. – 2004. – V. 84. № 14. – P. 2697–2699.
8. Мухин И.С., Мухин М.С., Феклистов А.В., Голубок А.О. Специализированные СЗМ-зонды на основе каркасных висцерных структур // Научное приборостроение. – 2011. – Т. 21. – № 3. – С. 23–29.
9. Kado H., Yokoyama K., and Tohda T. Atomic force microscopy using ZnO whisker tip // Rev. Sci. Instrum. – 1992. – V. 63(6). – P. 3330–3332.
10. Yoshida T., Naito H. and Okuda M. Scanning tunneling microscopy using a ZnO whisker tip // Appl. Phys. Lett. – 1994. – V. 64(24). – P. 3243–3245.
11. Чукланов А.П. Исследование химически модифицированной поверхности кремния, нанокатализаторов и оптических структур методами сканирующей зондовой микроскопии. Автореферат. – Казань: Казанский физико-технического институт им. Е.К. Завойского КазНЦ РАН, 2007. – 24 с.
12. Bernard Haochih Liu, Cheng-Hsien Chen. Direct deformation study of AFM probe tips modified by hydrophobic alkylsilane self-assembled monolayers // Ultramicroscopy. – 2011. – V. 111. – P. 1124–1130.
13. Xueling Feng, Bernard D. Kieviet, Jing Song, Peter M. Schon, G. Julius Vancso. Adhesion forces in AFM of redox responsive polymer grafts: Effects of tip hydrophilicity // Applied Surface Science. – 2013. – P. 1–10.
14. Agnieszka Mierczynska-Vasilev, David A. Beattie. In situ atomic force microscopy of modified dextrin adsorption on hydrophobic and hydrophilic layered silicate minerals // Journal of Colloid and Interface Science. – 2010. – V. 344. – P. 429–437.
15. Левичев В.В., Жуков М.В., Мухин И.С., Денисюк А.И., Голубок А.О. Об устойчивости работы сканирующего силового микроскопа с нановискером на вершине зонда // Журнал технической физики. – 2013. – Т. 83. – № 7. – С. 115–120.
16. Сайт фирмы НТ–МДТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ntmdt-tips.com/products/view/nsg01>, своб.
17. Сайт фирмы НТ–МДТ / Общая идея МСМ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ntmdt.ru/spm-basics/view/mfm-general-concept>, своб.

РАЗРАБОТКА И ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМ РАССТОЯНИЕМ ФОКУСИРОВКИ

А.С. Зайцева

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

В работе рассмотрена разработка и исследование компактной системы, предназначенной для идентификации опасных и вредных веществ в окружающей среде по спектрам рассеянного лазерного излучения. Особенностью системы является возможность осуществлять измерения на разных расстояниях и работа на относительно небольших дистанциях (до 10 м). Целью работы являлся поиск оптимальных исходных параметров системы и расчет схемы с минимально возможным количеством элементов, обеспечивающих в заданных габаритах приемлемое качество изображения. Критерием качества изображения для систем такого назначения служит размер пятна засветки, который определяет быстродействие всего комплекса.

Ключевые слова: система экологического мониторинга, расчет оптической системы, система для концентрации лазерного излучения.

Введение

Всесторонний анализ окружающей среды невозможен без динамической диагностики ее экологического состояния и изучения влияния естественных и антропогенных воздействий. Контроль изменений состояния окружающей среды наиболее эффективно выполнять с помощью бесконтактных оптических методов и с применением разнообразных оптических систем [1]. При разработке подобного класса приборов необходимо учитывать требования к оперативности системы, а также учитывать возможность использования системы в различных условиях, что зачастую возможно только при минимальных габаритах.

Существуют системы, работающие на значительном удалении от исследуемого объекта. Например, системы лидаров, предназначенные для работы на расстоянии 300 м–3 км от объекта. Однако есть целый класс задач диагностики сред и веществ, которые решаются с помощью мобильных комплексов, работающих в относительной близости от объекта (0,5–10 м).

Современные оптические системы диагностики состоят из осветительного и приемного каналов. Актуальным является совмещение каналов в единый оптический тракт, что возможно при использовании волоконных лазеров, работающих в ближнем инфракрасном (ИК) диапазоне.

Кроме того, спектры поглощения в ИК области связаны с изменением колебательного и вращательного энергетического состояния молекул и содержат чрезвычайно специфичную информацию о строении химических соединений и наличии в их молекулах различных функциональных групп. Вследствие этого ИК спектрометрия стала высокоэффективным методом идентификации органических веществ и расшифровки их структуры [2]. Следовательно, концентрацию многих загрязняющих элементов наиболее эффективно исследовать в ближнем ИК диапазоне на основе анализа спектров комбинационного рассеяния.

Таким образом, исследование методов и оптических схем для работы с лазерным излучением в системах экологического мониторинга при работе на относительно небольших дистанциях является актуальной задачей.

Постановка задачи

Оптическая система (ОС) для целей экологического мониторинга может строиться как система, создающая пятно засветки на некотором расстоянии. Далее располагается часть системы, принимающая рассеянное излучение. По спектрам этого излучения и делаются выводы о наличии и характере загрязнения.

Принципиальная схема системы может выглядеть, как показано на рис. 1.

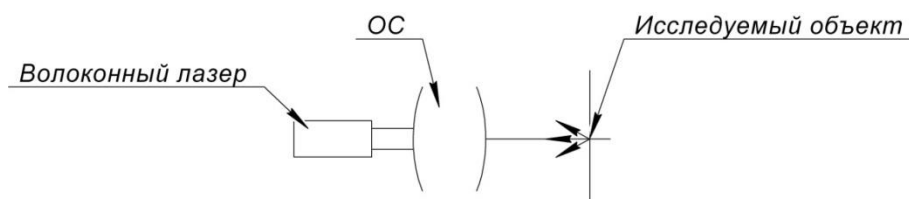


Рис. 1. Принцип работы системы

Оптическая часть системы может представлять собой схему для концентрации лазерного пучка в пятно минимальных размеров. В связи с этим принципиально система может быть построена на основе известных схем концентрации излучения [3].

Принципиальная схема системы показана на рис. 2.

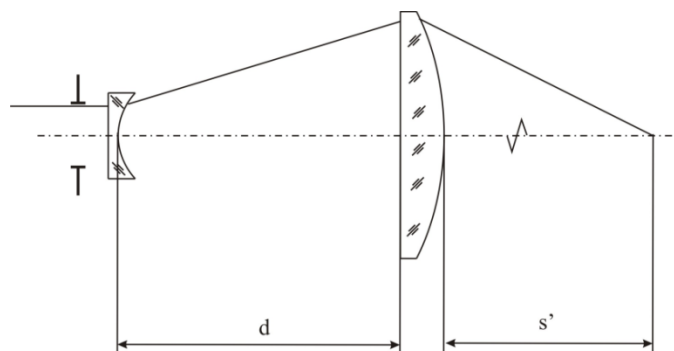


Рис. 2. Принципиальная схема объектива

Особенностью ОС в данном случае является то, что для обеспечения наиболее высокой функциональности система должна иметь возможность работы на различных расстояниях фокусировки и при этом обеспечивать небольшой размер пятна засветки. Именно размер пятна засветки определяет быстродействие всего комплекса, поскольку скорость обработки данных определяется площадью засвеченной области.

Существуют системы близкого назначения [4, 5], позволяющие вести идентификацию опасных веществ. Однако разработка общих принципов построения таких систем, выработка рекомендаций к построению оптимальной схемы, а также оптимизация габаритов системы при сохранении остальных характеристик все еще требуют разработки и исследования.

Таким образом, целью работы являлась разработка и исследование компактной ОС для целей экологического мониторинга со следующими характеристиками:

- диаметр рабочего пучка лазера на входе системы $D_1 = 6$ мм;
- рабочая длина волны $\lambda = 0,785$ мкм или 1,5 мкм;
- расходимость лазерного излучения $2\omega = 20'$;
- диапазон рабочих дистанций фокусировки не менее $S' = 2000$ мм–5000 мм;
- габариты системы: диаметр линз – не более 100 мм, длина системы – не более 300 мм.

Задачи работы

1. Анализ существующих ИК оптических систем экологического мониторинга.
2. Вывод габаритных соотношений в системе с переменным расстоянием фокусировки при ограниченных длине системы и диаметрах линз.
3. Исследование системы на основе полученных данных с целью выявления оптимальных соотношений для дальнейшего абберационного расчета.
4. Расчет и оптимизация ОС с заданными характеристиками.
5. Моделирование работы системы и оценка полученных вариантов.

Научный задел

Первым этапом расчета системы являлось определение фокусных расстояний компонентов. На этом этапе можно считать их тонкими, т.е. пренебречь толщиной линз.

Для удобства расчетов были получены соотношения, позволяющие определять фокусные расстояния компонентов на основе заданных в техническом задании величин: диаметра пучка лазера, максимального диаметра линз, длины системы.

Фокусное расстояние первого компонента рассчитывается:

$$f_1' = -\frac{D_1}{D_2 - D_1} d,$$

где D_1 – диаметр рабочего пучка лазера; D_2 – максимальный диаметр линз (в данном случае максимальный диаметр будет иметь второй компонент); d – расстояние между компонентами системы.

Фокусное расстояние второго компонента определяется из соотношений:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f_2'},$$

где $s = -f_1' + d$, s – положение предмета для второго компонента; s' – положение изображения для второго компонента системы или задний отрезок системы – рабочее расстояние.

Эквивалентное фокусное расстояние системы f' :

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{f_1'} + \frac{1}{f_2'} - \frac{d}{f_1' f_2'},$$

где f_1' , f_2' – фокусные расстояния 1-го и 2-го компонентов; d – расстояние между компонентами системы.

Эти соотношения, при всей простоте их вывода, позволяют в первом приближении оценить размеры пятна засветки системы, определяющиеся расходимостью лазера:

$$D_{\text{геом}} = 2f' \text{tg}\omega,$$

где f' – эквивалентное фокусное расстояние; $\text{tg}\omega$ – тангенс угла расходимости лазера.

Габаритный расчет при диаметре второй линзы 60 мм и расстоянии между линзами 250 мм дал следующие значения фокусных расстояний линз: первая линза $f_1' = -27,8$ мм, второй компонент $f_2' = 277,8$ мм. В этом случае эквивалентное фокусное расстояние всего объектива в целом будет составлять 500 мм. При расходимости лазерного излучения $2\omega = 20'$ кружок рассеяния, определяемый геометрической расходимостью $D_{\text{геом}} = 2f' \text{tg}\omega = 3$ мм. Дифракционный кружок рассеяния $D_{\text{дифр}} = 1,22\lambda/A'$, где $A' = D/2f'$, при заданных значениях равен $D_{\text{дифр}} = 0,159$ мм. Таким образом, именно расходимость лазера и абберации системы будут определять размер пятна засветки.

Эти же соотношения позволяют выбрать оптимальные характеристики для дальнейшего абберационного расчета системы.

Предполагается, что после этапа определения фокусных расстояний компонентов системы эти величины принимаются постоянными, и исследуется изменение характеристик системы при смещении второго компонента. При этом соответственно изменяется эквивалентное фокусное расстояние, и можно видеть изменение пятна засветки, обусловленное расходимостью лазера.

Результаты исследования представлены в таблице. Были рассмотрены три случая с номинальным значением воздушного промежутка $d=250$ мм, 200 мм и 150 мм.

Таблица. Исследование габаритных соотношений в системе

Диаметры компонентов $D_1=6$ мм, $D_2=80$ мм	Номинальное расстояние между компонентами, мм		
	$d=150$	$d=200$	$d=250$
Дистанция фокусировки s' , мм	2000–5000		
Расстояние между компонентами d , мм	158–150	215–200	274–250
Допуск на расстояние между компонентами Δd , мм	$\pm 0,3$	$\pm 0,6$	± 1
Эквивалентное фокусное расстояние f' , мм	145,9–375	140,3–375	137,3–375
Диаметр пятна засветки (геометрический) $D_{\text{геом}}$, мм	0,845–2,17	0,813–2,17	0,795–2,17
Диафрагменное число K первого компонента	2,34	2,7	3,38

По результатам выполненного исследования можно сделать выводы, что меньшая выбираемая длина системы приводит к меньшим диафрагменным числам, что на этапе абберационного расчета будет приводить к сложностям при коррекции системы. Соответственно, диаметр пятна засветки будет несколько увеличиваться из-за аббераций или необходимо будет усложнять конструкцию системы.

Исходя из анализа результатов габаритного расчета, было выполнено моделирование системы со следующими оптимальными параметрами: $D_1=6$ мм, $D_2=80$ мм, $d=250$ мм, $S=2000-5000$ мм, $\lambda=0,785$ мкм, $2\omega=20'$ В результате была получена следующая схема из трех линз, представленная на рис. 3.

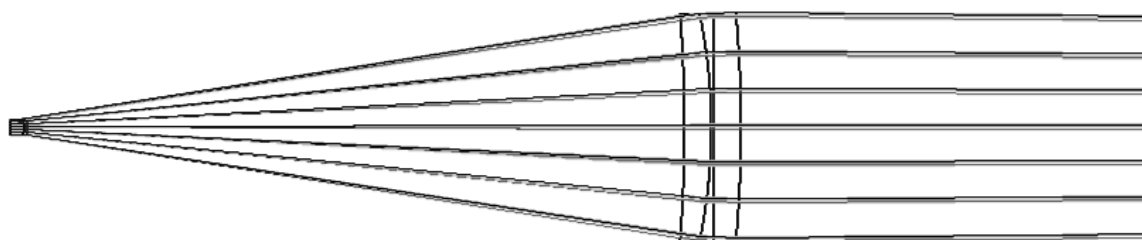


Рис. 3. Ход лучей в оптической системе

Для смоделированной системы был проведен абберационный расчет с последующей оптимизацией. В результате полученная система имеет практически дифракционное качество изображения, однако фокусное расстояние довольно велико, поэтому общий размер пятна засветки, определяемый по геометрической расходимости используемого лазера, будет равен 2,15 мм. При уменьшении расстояния между компонентами фокусное расстояние уменьшается, однако абберации по сравнению с исходным положением увеличиваются. На рис. 4 приведены диаграммы, позволяющие оценить размер пятна засветки на разных расстояниях.

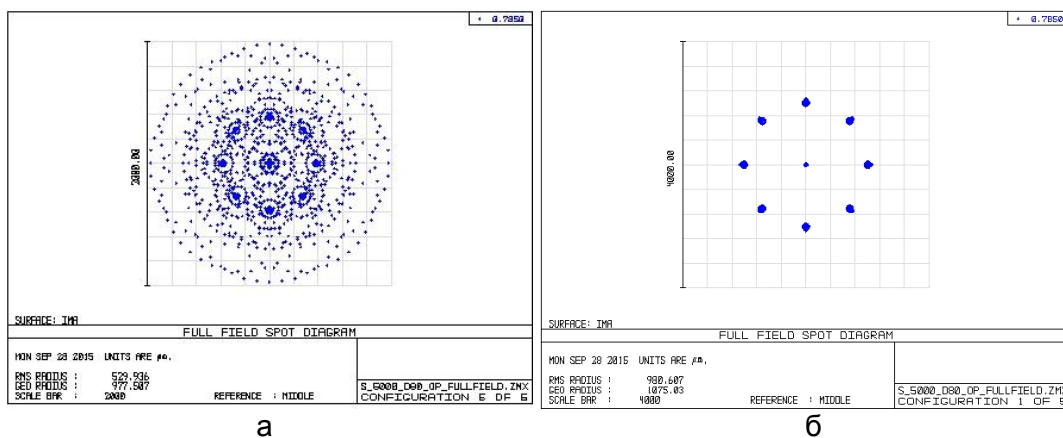


Рис. 4. Точечная диаграмма пятна засветки для расстояния фокусировки: 2000 мм (а); 5000 мм (б)

Из рис. 4 видно, что размер пятна засветки меняется в пределах 1,95–2,15 мм.

Заключение

В процессе работы был выполнен габаритный расчет системы, в результате которого исследовано, как будет меняться эквивалентное фокусное расстояние, размер пятна рассеяния и задний отрезок от изменения воздушного промежутка между первым и вторым компонентами системы при условии постоянства фокусного расстояния компонентов ($f_1', f_2' = \text{const}$). Анализируя полученные зависимости и учитывая, что минимальное эквивалентное фокусное расстояние изменяется в пределах 137,3–145,9 мм и минимальный геометрический размер пятна засветки во всех случаях находится в пределах 0,795–0,845 мм, за оптимальные параметры были взяты характеристики при номинальном значении расстояния между компонентами $d=250$ мм. Система с оптимальными параметрами была смоделирована в программном обеспечении ZEMAX, где был проведен абберационный расчет и оптимизация. С учетом оптимизации в работе продемонстрирована полученная модель для длины волны $\lambda=0,785$ мкм и оценена работа системы при переменных расстояниях фокусировки в пределах 2–5 м.

Система не имеет аналогов в открытой печати. Несмотря на известную схему реализации, рассчитанная система позволяет проводить измерения на различных расстояниях фокусировки одновременно.

В дальнейшем планируется исследовать возможность увеличения диапазона рабочих дистанций до 10 м, рассчитать серию схем для работы с лазером, длины волн которых 0,785 мкм и 1,5 мкм, а также исследование смоделированных систем с точки зрения перспектив дальнейшего производства.

Области возможного использования результатов

Рассчитанные схемы можно будет применить в качестве оптических систем комплексов мониторинга опасных веществ, контроля условий труда, идентификации вредных примесей. Полученные в процессе работы соотношения и результаты теоретического исследования и моделирования могут быть полезны при проектировании новых систем и комплексов подобного назначения.

Литература

1. Козинцев В.И., Орлов В.М., Белов М.Л. и др. Оптико-электронные системы экологического мониторинга природной среды / Под ред. В.Н. Рождествина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 528 с.

2. Якунина И.В., Попов Н.С. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2009. – 101 с.
3. Запрягаева Л.А., Свешникова И.С. Расчет и проектирование оптических систем. – М.: Логос, 2000. – 584 с.
4. Система аналитическая ОПТЕС-785-Н [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://optec.ru/produktsiya.html?c_dept_id=30&c_good_id=45, своб.
5. Аналитическая система Raman OP-785-A [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://optec.ru/produktsiya.html?c_dept_id=30&c_good_id=155, своб.

УДК 330.4

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ ЭКВИФИНАЛЬНОСТИ И УПРАВЛЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ РОССИИ И ЕГО ПОДСЕКТОРАМИ

О.А. Зуева

Научный руководитель – д.э.н., профессор О.А. Молчанова

В работе выдвинута новая парадигма экономического развития России, затрагивающая систему совершенствования взаимосвязи двух секторов: реального и финансового; предложен комплексный подход в качестве нового методологического подхода к исследованию сущности исследуемых секторов и налаживанию их конвергенции с учетом системного и кибернетического подходов; обоснована необходимость использования комплексного подхода, опираясь на научные взгляды ученых А.А. Богданова, А.А. Горового, Л. фон Бергаланфи, У.Р. Эшби. Рассмотрена проблема осуществимости таких экономических систем как национальное хозяйство и его подсекторов; выдвинута и доказана гипотеза о возможности познания условий и последствий выбора экономического развития России на основе закона «необходимого разнообразия», проанализированы недостатки систем и объектов управления в национальном хозяйстве России, а также предложены пути повышения эффективности регулирования систем и объектов управления России в условиях СССР и на современном этапе: в условиях экономического кризиса и введенных санкций.

Ключевые слова: парадигма, методологический подход, реальный сектор, финансовый сектор, закон «необходимого разнообразия», методы модернизации управления, мировой финансовый кризис, санкции.

В настоящее время предпочтительным представляется создание новой парадигмы, выражающей основной постулат в современном философско-методологическом звучании, вокруг которого разворачиваются все элементы познания экономики в России и этапов ее развития.

Вопрос о необходимости разработки альтернативной парадигмы экономической теории поднимается давно. Приводятся все новые доказательства в ее пользу. Первая нестыковка возникла еще в период зарождения классической политической экономии: стало очевидно, что новое научное направление нацелено на изучение капиталистического уклада и игнорирует все остальные.

Экономическое знание зародилось в системе философского знания. Оно систематизировало накопленные сведения о закономерностях развития хозяйственной деятельности. С выделением политической экономии в отдельную науку началось размежевание философского и экономического знания. Парадигма экономической теории позволяет соединить философское и экономическое знание.

С учетом особенностей развития национального хозяйства России, на наш взгляд, необходимо представить новую парадигму, затрагивающую систему конвергенции двух секторов: реального и финансового.

Под конвергенцией реального и финансового секторов экономики в настоящее время автор осознает динамически развивающиеся связи между исследуемыми

секторами, выступаемые в качестве единой экономической системы, которая представляет собой объединение многосторонних экономических отношений субъектов данных секторов, связанных с аккумулярованием, перераспределением и использованием денежных средств и предоставлением финансово-кредитных услуг и влияющих на подсектора исследуемых секторов.

Одной из черт, характерных для парадигмы, является возможность познания и постоянное возобновление потребности в дальнейшем познании законов, условий и последствий выбора экономического развития реального и финансового секторов. Немаловажными являются представленные автором возможности познания экономического поля, внутренний механизм усовершенствования взаимодействия данных секторов, способы создания новой парадигмы и стратегия развития исследуемых секторов в России.

Данная ситуация требует поиска нового методологического подхода, способствующего раскрытию сущности исследуемых секторов и налаживанию их взаимодействия как на национальном, так и мировом уровне.

Методологические подходы являются наиболее важными компонентами методологии, как и методы исследования экономических явлений и процессов, определяющими выбор и использование остальных ее компонентов [1].

Среди основных методологических подходов к исследованию сущности и конвергенции подсекторов национального хозяйства наряду с функционально-хронологическим, аналитическим, целостным, диалектическим, организационным, системным и кибернетическим необходимо выделить комплексный подход.

На наш взгляд, комплексный подход к исследованию выступает в качестве нового методологического подхода, эффективно сочетает в себе системный и кибернетический подходы, помогает представить модели разных экономических систем на основе возможности познания законов, условий и последствий выбора развития национального хозяйства России. Системный подход позволяет не только охарактеризовать как национальное хозяйство, так и его элементы: реальный и финансовый секторы России как отдельные экономические системы, обозначить их эквивалентность (осуществимость), но и построить систему конвергенции исследуемых секторов, а также найти подходы к их управлению, в качестве объектов управления в условиях кризисного и посткризисного развития. Кибернетический подход является методологическим подходом общей теории управления и представляет собой исследование системы конвергенции двух секторов на основе принципов управления.

Исторический подход к исследованию компонентов методологии свидетельствует о взаимосвязи системного и кибернетического подходов. Общая теория управления базируется на всеобщей теории систем.

Всеобщая теория систем свидетельствует о значительном вкладе русского экономиста А.А. Богданова в начале XX века. Он создал учение о всеобщей организованности. Научная трактовка предмета исследования получила методологическое основание с открытием ученым «Тектологии» – науки о законах, в соответствии с которыми происходит объединение частей в функциональное целое [2]. Появление данной науки предопределило становление и эволюцию новых наук и теорий, в том числе и теории устойчивости и всеобщей теории управления.

Всеобщая теория систем является областью научного исследования, связанная с изучением поведения абстрактных систем. Методология этой теории по самой своей природе должна быть существенно научной, где отношения между исследователем и изучаемой системой по своему характеру аналогичны отношению между естествоиспытателем и природой. Абстрактная система может задаваться либо в виде математического уравнения, либо в виде программы для вычислительной машины,

либо как некоторая физическая модель, либо с помощью словесного описания и т.д., а цель исследования состоит в обнаружении основных свойств ее поведения.

В связи с этим частным случаем общей задачи, связанной с изучением какой-либо абстрактной системы в той или иной предметной области, может быть поставлена перед исследователем задача по изучению конкретной сложной экономической системы, такой, как например, национальное хозяйство, реальный сектор или финансовый.

В настоящее время наименее исследованной остается проблема осуществимости или эквифинальности таких экономических систем как национальное хозяйство, реальный и финансовый секторы России.

Л. фон Берталанфи [3] не раскрыл, какие конкретно характеристики в определенных критериях, величинах обеспечивают эффективность, и в чем выражается закономерность эквифинальности в сообществах, в организационных системах, в том числе экономических.

На наш взгляд, под закономерностью «эквифинальность системы» следует определять способность достигать независимого от времени состояния, которое, в свою очередь, не зависит от первоначальных критериев и устанавливается только параметрами самой системы. Она характеризует осуществимость системы, проявляющейся через свойства одноименной группы закономерностей, требующих пристального внимания исследователей на этапе планирования, проектирования и организации функционирования систем управления. Эквифинальность характеризует предельные эвентуальности (т.е. возможности) системы. Однако данная закономерность приводит к размышлению о максимально допустимых эвентуальностях создаваемых субъектов реального сектора, развивающихся систем управления реальным и финансовым секторами, национальным хозяйством в целом. В контексте анализа исследуемых секторов эквифинальность следует понимать как возможность достижения этих систем достаточной степени целостности, обеспечивающей достижимость возложенных на нее целей и задач.

Значительный вклад во всеобщую теорию систем внес У.Р. Эшби. Он особо отметил необходимость учета предельной эвентуальности системы при ее разработке. Его заслуга в формировании закономерности, известной под названием закона «необходимого разнообразия» [4]. При принятии решений значительным является одно из следствий этой закономерности, которое можно объяснить на конкретном примере.

Когда исследователь И сталкивается с проблемой П, решение которой ему неясно, то в условиях неопределенности существует несколько сценариев развития событий или множество вариантов возможных принимаемых решений B_{II} . Этому множеству противостоит множество мыслей исследователя B_{II} . Задача исследователя состоит в том, чтобы минимизировать многообразие $B_{II} - B_{II}$. Идеальным признается следующий вариант: $(B_{II} - B_{II}) \rightarrow 0$.

Эшби доказал теорему, позволяющую сформулировать следующий вывод: если B_{II} постоянно ($B_{II} = \text{const}$), то B_{II} может быть уменьшено лишь за счет соответствующего роста B_{II} . Иначе, только многообразие в И может уменьшить многообразие в П; только многообразие может искоренить многообразие.

По отношению к системам управления закон «необходимого разнообразия» можно сформулировать следующим: многообразие управляющей системы (системы управления) B_{cy} должно быть больше (или, по крайней мере, равно) многообразия управляемого объекта B_{oy} :

$$B_{cy} > B_{oy}. \quad (1)$$

Историческое развитие свидетельствует о разработке методов модернизации управления на базе закона «необходимого разнообразия» еще во второй половине XX века, прежде всего, по отношению к такой экономической системе как реальный сектор. Цель их создания – совершенствование производственных процессов реального сектора и увеличение потенциала B_{ii} . Данные методы затрагивали также структурное усовершенствование управления. Среди них необходимо выделить следующие: качественное и количественное совершенствование аппарата управления, механизация и автоматизация производственных и управленческих работ. С 70-х годов XX века наряду с традиционными методами в Японии возникли психологические: мотивация работников корпораций реального сектора, организация психологического настроения персонала на достижение целей. В настоящее время сочетаются два подхода благодаря созданию информационных технологий.

На наш взгляд, применение данного закона нельзя ограничивать только проблемами управления качеством на микроуровне, а прежде всего, понимать и рассматривать на макроуровне, так как он является определяющим. Данный факт позволяет выдвинуть гипотезу о применении данного закона не только на уровне функционирования субъектов реального сектора, но и на уровне национального хозяйства России и его подсекторов. В основе данной гипотезы лежат две предпосылки. Во-первых, выявленные причины недостатков, при создании и модернизации как систем управления – субъектов реального сектора, органов государственной власти, министерств и ведомств и т.д., так и объектов управления – производственного процесса, предприятия, подсекторов национального хозяйства России и т.д., которые необходимо учитывать. Во-вторых, поиск путей повышения эффективности управления национальным хозяйством и его подсекторами.

Так, в период 70-х годов XX века в России создавались стандарты и классификаторы, унифицирующие продукцию и новые технологии, организационные структуры субъектов реального сектора. Это было определено органами государственной власти, и базировалось на политике увеличения производительности реального сектора, основной целью которой являлось стремление к следующему варианту $(B_{ii} - B_{ii}) \rightarrow 0$: снижение организационного и функционального многообразия B_{ii} путем законодательного оформления методов управления элементами объектов управления. К методам совершенствования управления необходимо отнести следующие: стандартизация, унификация, типизация, создание поточного производства, уменьшение номенклатуры узлов и деталей. Данная политика привела не только к симплификации (т.е. упрощению) управления, но и возникновению важного противоречия: утрата объектом управления уникальности, необходимости развития активного начала как развивающейся системы. Существенным недостатком является ограниченность применяемых методов управления, в основе которых лежит принцип управления, так как другие методы не предусматривались. Кроме того, снизились требования к системе управления, а именно снижение контроля и регулирования к качественным характеристикам управляемой системы как на микро-, так и на макроуровне. Ярким примером неправильного выбора модернизации является внедрение автоматизированных систем управления на уровне предприятия. С одной стороны, это сказалось на качестве производимых изделий и на нарушении производственной дисциплины, а с другой стороны – на интенсивном экономическом росте страны. Следствием данной ситуации является не только пренебрежение законом Эшби, но и выбор неверного пути модернизации управления: увеличение многообразия объекта управления, а не системы управления как на макро-, так микроуровне.

Данный вывод становится еще более актуальным в рыночных условиях национального хозяйства России. Открытым остается вопрос о роли государственного вмешательства и поддержки объектов управления государственными органами власти.

Так, исследуя проблему финансового кризиса 2008 года, условия введенных санкций с 2014 года по настоящее время, необходимо сформулировать еще один важный вывод, основанный исключительно на комплексном подходе к анализу исследуемых секторов национального хозяйства России.

Как известно, одной из важных задач Правительства РФ является поддержка и развитие субъектов реального сектора. Это означает, что для пресечения неблагоприятных тенденций по снижению объемов производства и убытков предприятий реального сектора Правительство Российской Федерации (РФ) должно обладать большим многообразием мер экономического и административного влияния на реальный сектор. Следовательно, на реальный сектор, кроме применения экономических и промышленных мер воздействия в рамках бюджетно-налогового регулирования крупных предприятий реального сектора, активно использовавшихся в период кризиса 2008 года и введенных санкций, существенное влияние оказывает регулирование среднего и малого бизнеса. В этом случае Правительство РФ должно было иметь возможность самостоятельно или по согласованию с другими ведомствами, регулирующими деятельность тех или иных подсекторов реального сектора, воздействовать на эти факторы, т.е. в настоящее время способствовать поддержанию стратегии импортозамещения.

Кроме того, в силу действующего в период кризиса Федерального закона «О Центральном банке Российской Федерации (Банке России)», обозначена одна из основных целей деятельности ЦБ РФ – защита и обеспечение устойчивости рубля, в том числе его покупательной способности и курса по отношению к иностранным валютам. В связи с этим для обеспечения постепенной девальвации рубля, как в период кризиса, так и в условиях санкций, ЦБ РФ должен обладать большим многообразием мер экономического и административного воздействия на валютный подсектор финансового сектора, воздействующих на элемент данной системы. Основным инструментом воздействия на валютный курс была ставка рефинансирования. Так, к середине 2009 г. Банк России увеличил учетную ставку процента с 11 до 13%, что негативно сказалось на кругообороте промышленного капитала и функционирования предприятий реального сектора. Снижение ставки Банка России в 2009 г. с 13 до 9% [5] не оказало существенного влияния на цену кредитов из-за слабости механизма рефинансирования. В то время как в США снизили базовую ставку до 0,25%, уровень который не изменился на сегодняшний день в условиях введенных санкций. Увеличение ставки ЦБ РФ с 8,25% до 17% в 2014 году в условиях введенных санкций также негативно сказалось на деловой активности предприятий реального сектора. Ссудный процент по кредиту в России превышает среднюю рентабельность производства (10–11%). Данный факт свидетельствует о неэффективности не только инвестиций, но и интеграции субъектов реального и финансового секторов экономики. Кроме учетной ставки, на валютный курс существенное влияние оказывает и доходность государственных ценных бумаг, и емкость биржевого подсектора, и целый ряд макроэкономических показателей. Исходя из этого, ЦБ РФ должен иметь возможность самостоятельного или по согласованию с другими институтами, регулирующими деятельность тех или иных подсекторов финансового сектора, воздействовать на эти факторы.

В свою очередь, в соответствии с функциями ЦБ РФ, среди которых он является кредитором последней инстанции, ЦБ РФ должен поддерживать кредитный подсектор в период кризиса и обеспечивать деловую активность не только таких крупных банков, как Сбербанк России и ВТБ, на которых возлагалась роль по поддержке предприятий реального сектора. ЦБ РФ должен был иметь возможность по согласованию с Правительством РФ предоставить возможность другим ведомствам, регулирующим деятельность реального сектора, прямого

кредитования со стороны государства разных предприятий реального сектора, так как коммерческие банки предоставленные средства ЦБ РФ направляли в валютный и затем в биржевой подсектор. В ходе первой, наиболее острой фазы кризиса (IV квартал 2008 года) федеральные власти столкнулись с серьезной проблемой: как побудить кредитный подсектор выполнять его основную экономическую функцию – финансировать реальный сектор экономики? С одной стороны, риски коммерческого кредитования предприятий были крайне высокими, а с другой – у банков появилась уникальная возможность мгновенно получить огромную прибыль от спекулятивных операций в валютном подсекторе, а со II квартала 2009 года – в биржевом подсекторе. Индекс ММВБ увеличился в 2,5 раза за 2010 год [6]. Последствием удовлетворения интересов финансового капитала коммерческих банков стало сверхуменьшение финансирования реального сектора в многократном размере, что не коснулось ряда крупных системообразующих предприятий, кредитование которых контролировала Правительственная комиссия по повышению устойчивости развития российской экономики [7]. С одной стороны, при данном положении дел действия субъектов финансового сектора с целью минимизации рисков и максимизации прибыли были достаточно аргументированными. Однако с позиции государства такие действия считаются невозможными, так как безусловен приоритет задач развития и сохранения субъектов реального сектора над обеспечением прибыльности финансовых учреждений. В данной ситуации государство должно было либо компенсировать, либо взять на себя риски банков путем прямого инвестирования реального сектора. В действительности, возник временной лаг между периодом возникновения кризиса (в конце 2008 года) и периодом предоставления мер по компенсации рисков государством (во II квартале 2009 г.), в то время как в Западной Европе и США реальная помощь финансирования оказывалась, начиная с IV квартала 2008 года. Кроме того, механизм государственных гарантий в России оказался недостаточным и неэффективным. Средства денежного подсектора, предоставленные Банком России коммерческим банкам, в нем же и оставались.

В этой связи с учетом эквививальности национального хозяйства, реального и финансового секторов, выступающих в качестве экономических систем и объектов управления необходимо учитывать закон «необходимого разнообразия», что позволит усовершенствовать систему конвергенции исследуемых секторов экономики России, будет способствовать интенсивному экономическому росту. Необходимо учитывать, что модернизация управления должно совершаться по направлению повышения многообразия, разумного усложнения, прежде всего, системы управления, а не объекта управления. Таким образом, будет осуществлен новый переход к новой парадигме инновационно-экономического развития России.

Литература

1. Зуева О.А. Методологические подходы к сущности и регулированию реального и финансового секторов экономики в условиях кризиса: монография. – СПб.: Изд-во ВИ(ИТ), 2013 – 212 с.
2. Афанасенко И.Д., Борисова В.В. Логистика в системе совокупного знания. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2013. – 365 с.
3. Ludwig von Bertalanffy. The Theory of Open Systems in Physics and Biology // Science. – 1950. – № 2. – P. 23–29.
4. Эшби У.Р. Введение в кибернетику. – М.: Изд-во иностр. литературы, 1959. – 457 с.

5. Горовой А.А. Пространственное распределение интеграционных образований сферы сервиса в условиях кризисной экономики: региональные аспекты. – СПб.: Астерион, 2014. – 136 с.
6. Министерство экономического развития Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.economy.gov.ru>, своб.
7. Постановление Правительства РФ от 15.12.2008 г. № 957 «О Правительственной комиссии по повышению устойчивости развития российской экономики».

УДК 535:621.373.826:539

СИНТЕЗ НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ

Н.А. Зулина, И.Ю. Денисюк

Исследован способ получения наночастиц сокристалла 2,6-диаминопиридин-4-нитрофенол (2,6DAP4N), основанный на методе лазерной абляции материала при конденсации наночастиц в жидкости. Получены наночастицы в виде коллоидного раствора, выполнены их исследования методами оптической микроскопии и спектроскопии видимой области.

Ключевые слова: лазерная абляция, молекулярный кристалл, органический нанокристалл.

Введение

Нанотехнологии являются трендом развития науки и техники последнего десятилетия. Особое место занимают нанокристаллы органических веществ. Так, молекулярные кристаллы, например *trans-4'-(dimethylamino)-N-methyl-4-stilbazolium tosylate* (DAST) являются на настоящее время средами с наивысшим значением нелинейно-оптического коэффициента второго порядка [1]. Сложность выращивания крупных монокристаллов ограничивает их практическое применение, поэтому широко исследуются способы создания наночастиц из этих кристаллов с введением их в полимерную матрицу.

В настоящий момент имеется ряд способов получения наночастиц различных материалов, основанных на проведении химических реакций и, следовательно, связанных с необходимостью проведения и контроля реакции между конкретными веществами, что не всегда осуществимо. Метод лазерной абляции в жидкости заключается в мгновенном испарении вещества и конденсации пара с образованием наночастиц. Поскольку в этом случае отсутствует необходимость проведения химических реакций синтеза, данный метод более универсален, а полученные наночастицы не загрязняются продуктами реакции. Получения наночастиц методом лазерной абляции металлов и красителей в жидкостях рассмотрен, например, в работах [2–7].

Несмотря на наличие публикаций по получению наночастиц неорганических материалов этим методом, исследования получения наночастиц органических веществ методом абляции ограничиваются красителями фталоцианинового класса. Полностью отсутствуют исследования получения нелинейно-оптических молекулярных нанокристаллов методом лазерной абляции, что подтверждает целесообразность проведения исследований в этой области. В данной работе приведены первые результаты исследований процессов абляции сокристалла 2,6-диаминопиридин-4-нитрофенол (2,6DAP4N), нового молекулярного кристалла, нелинейно-оптические коэффициенты которого нами впервые исследованы в работе [8]. Получены наночастицы данного вещества и исследованы их оптические спектры в коллоидном растворе.

Лазерная абляция молекулярных органических кристаллов

Метод лазерной абляции в жидкости заключается в мгновенном испарении вещества с поверхности облучаемого материала. Пузырьки пара, полученные при абляции, мгновенно остывают, при этом последующая конденсация пара приводит к схлопыванию пузырька и формированию наночастицы в объеме жидкости.

В настоящей работе в качестве испаряемого материала использовался органический сокристалл 2,6-диаминопиридин-4-нитрофенол (26DAP4N), изученный нами ранее в работе [8].

На рис. 1 приведена схема экспериментальной установки для проведения лазерной абляции сокристалла в жидкостях. Излучение DPSS-лазера с помощью ультрафиолетового микрообъектива с увеличением $5\times$ и апертурой 0,08 фокусировалось на площадку, диаметром 0,4 мм поверхности сокристалла 26DAP4N, находящегося в нерастворяющей его жидкости. Исследовались две жидкости – конденсирующие среды: додекан, и полифениленоксид (Fluka Chemika 81336 Polyphenyl ether 6 rings OS-138), имеющий высокую вязкость. Частота повторения импульсов лазера составляла 3,8 кГц, энергия в импульсе 5,5 мДж, длительность импульса 10 нс, длина волны 355 нм плотность мощности импульса порядка 170 кВт/см^2 . Облучение проводилось в течение двух часов – до появления видимой желтоватой окраски жидкости.

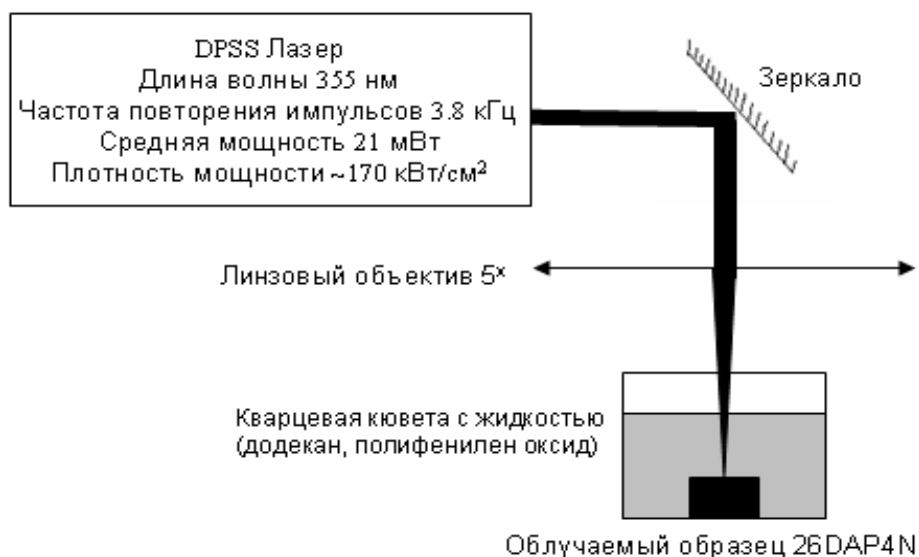


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Полученная окрашенная жидкость (коллоидный раствор продуктов, полученных лазерной абляцией сокристалла 26DAP4N в додекане и полифениленоксиде) исследовалась с помощью оптического микроскопа Olympus STM6 на предмет обнаружения микро- или нанокристаллов.

Спектры оптического поглощения коллоидных растворов продуктов лазерной абляции сокристалла 26DAP4N в полифениленоксиде были получены с помощью спектрографа Shimadzu UV1800.

Как показано на рис. 2, микрофотографии коллоидных растворов в выбранных для эксперимента жидкостях показывают наличие микроразмерных частиц только в додекане, в полифениленоксиде микроразмерных частиц выявлено не было. Однако появление окраски коллоидного раствора позволило предположить, что продукты абляции сокристалла 26DAP4N содержатся в объеме полифениленоксида, но имеют слишком малые размеры для выявления методами оптической микроскопии.

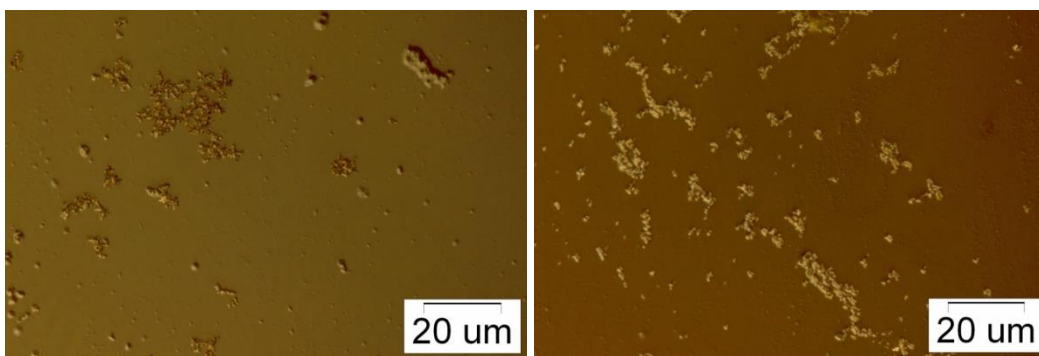


Рис. 2. Микрофотографии частиц, сформированных в додекане, полученные на поляризационном микроскопе

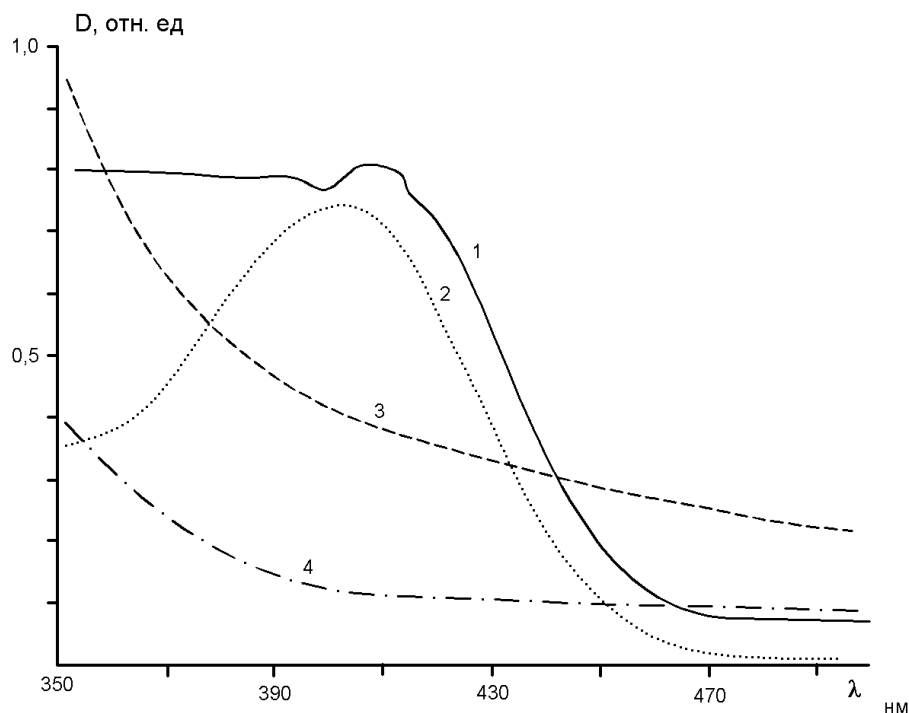


Рис. 3. Оптические спектры поглощения: 1 – сокристалл 26DAP4N; 2 – раствор 26DAP4N в изопропиловом спирте; 3 – наночастицы 26DAP4N в полифениленоксиде; 4 – полифениленоксид

Исследование полученных в додекане частиц в оптическом поляризационном микроскопе показывает, что каждое игольчатое образование микронных размеров, видимое в микроскоп, не является монокристаллом, а состоит из множества слипшихся микрочастиц. При максимальном увеличении в оптическом микроскопе видны частицы размером около 0,5 мкм, из которых сложено образование средним размером около 2–10 мкм. Поворот предметного столика поляризационного микроскопа не приводит к просветлению/затемнению видимого образования. Следовательно, оно не является монокристаллом.

Вероятно, как в додекане, так и в полифениленоксиде под действием каждого импульса лазера происходит образование одной наночастицы в каждом из пузырьков, образовавшихся при испарении и последующей конденсации материала, но в первом случае, в связи с низкой вязкостью додекана, наночастицы собираются в агломераты, а во втором – остаются в виде стабильного коллоида. Это и является причиной различных результатов абляции при использовании этих двух растворителей.

Исследование спектральных свойств коллоидного раствора, полученного при абляции в полифениленоксиде, приведено на рис. 3.

Как видно из рис. 3, в спектре коллоидного раствора в полифениленоксиде (относительно спектра самого полифениленоксида) наблюдается поглощение в области 400–450 нм, что соответствует полосе поглощения сокристалла 26DAP4N и его раствора в изопропиловом спирте. Спектр коллоида ближе к спектру крупного кристалла, поскольку в обоих случаях отсутствует максимум поглощения на 400 нм, а поглощение в области длин волн короче 400 нм, приблизительно постоянно, без максимумов, что характерно для красителей в кристаллическом состоянии.

Заключение

Проведены исследования процессов абляции сокристалла 26DAP4N в жидкостях. Показано образование наночастиц в виде коллоида в жидкости, процессы стабилизации/осаждения в которой определяются ее свойствами, в основном вязкостью (природой жидкости), в частности, в полифениленоксиде происходит образование и стабилизация коллоида наночастиц. Исследование спектров полученных коллоидов и их сравнение со спектрами молекулярных растворов и монокристаллов того же вещества, показывает, что образующееся вещество является сокристаллом 26DAP4N и, вероятно, находится в кристаллическом состоянии. Отсутствие видимого рассеяния и видимых в микроскоп частиц позволяет предположить, что вещество находится в нанокристаллическом состоянии. В дальнейшей работе будет проведено детальное исследование полученных частиц, а также измерены их нелинейно-оптические свойства.

Литература

1. Ruiz B., Jazbinsek M., Gunter P. Crystal Growth of DAST // *Cryst. Growth Des.* – 2008. – V. 8(11). – P. 4173–4184.
2. Kassavetis S., Kaziannis S., Pliatsikas N., Avgeropoulos A., Karantzalis A.E., Kosmidis C., Lidorikis E., Patsalas P. Formation of plasmonic colloidal silver for flexible and printed electronics using laser ablation // *Applied Surface Science.* – 2005. – V. 336. – P. 262–266.
3. Bagga K., McCann R., Wang M., Stalcup A., Vázquez M., Brabazon D. Laser assisted synthesis of carbon nanoparticles with controlled viscosities for printing applications // *Journal of Colloid and Interface Science.* – 2005. – V. 447. – P. 263–268.
4. Tamaki Yo., Asahi Ts., Masuhara H. Nanoparticle Formation of Vanadyl Phthalocyanine by Laser Ablation of Its Crystalline Powder in a Poor Solvent // *J. Phys. Chem. A.* – 2002. – V. 106. – P. 2135–2139.
5. Li B., Kawakami T., Hiramatsu M. Enhancement of organic nanoparticle preparation by laser ablation in aqueous solution using surfactants // *Applied Surface Science.* – 2003. – V. 210. – № 3–4. – P. 171–176.
6. Elaboudi I., Lazare S., Belin C., Bruneel J.L., Servant L. Organic nanoparticles suspensions preparation by underwater excimer laser ablation of polycarbonate // *Applied Surface Science.* – 2007. – V. 253. – № 19. – P. 7835–7839.
7. Stephan Barcikowski, Michael Hustedt, Boris Chichkov. Nanocomposite manufacturing using ultrashort-pulsed laser ablation in solvents and monomers // *Polimery.* – 2008. – V. 53. – № 9. – P. 657–662.
8. Ilia M. Pavlovetc, Sergiu Draguta, Maria I. Fokina, Tatiana V. Timofeeva, Igor Yu Denisjuk. Synthesis, crystal growth, thermal and spectroscopic studies of acentric materials constructed from aminopyridines and 4-nitrophenol // *Optics Communications.* – V. 362. – 2015. – P. 64–68.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ АУДИОВИЗУАЛЬНОГО РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ, ОСНОВАННЫХ НА ГЛУБОКОМ ОБУЧЕНИИ

Д.В. Иванько

В работе приведен обзор современного состояния и анализ перспектив развития методов аудиовизуального распознавания речи. Основное внимание уделено методам, основанным на применении глубокого обучения, ввиду того, что в последнее время использование глубоких нейронных сетей для получения акустических и визуальных признаков набирает все большую популярность. Приведены примеры существующих разработок и результаты распознавания систем.

Ключевые слова: аудиовизуальное распознавание речи, многомодальные системы, автоматическое распознавание речи.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 713554 «Исследование методов и алгоритмов многомодальных биометрических и речевых систем».

Введение

В повседневной жизни люди часто сталкиваются с человеко-машинным интерфейсом: смартфоны, компьютеры, банкоматы, роботы и системы парковки. Для достижения эффективного человеко-машинного взаимодействия необходимым условием является реализация устойчивого к шумам распознавания речи. На сегодняшний день системы аудиовизуального распознавания речи являются одним из самых многообещающих решений для устойчивого распознавания речи. Фундаментальная идея систем аудиовизуального распознавания речи заключается в использовании визуальной информации, полученной из движений губ спикера, для дополнения зашумленной аудиоинформации. Правильный выбор признаков для аудио- и видеовхода является ключевым этапом, так как оказывает серьезное воздействие на конечный результат распознавания.

В последнее время в сообществе машинного обучения все больше внимания уделяется методам глубокого обучения. К примеру, глубокие нейронные сети были успешно применены для таких модальностей как текст, изображения и аудио. Похожий метод был применен для многомодального распознавания речи со значительным повышением эффективности распознавания в [1].

На первом этапе для получения устойчивых к шуму аудиопризнаков используется глубокая нейронная сеть. Сеть обучается выдавать на выход признаки, очищенные от шума, полученные из входных зашумленных признаков. Это достигается путем подготовки пар обучающих данных, включающих в себя зашумленные признаки и соответствующие им «чистые» признаки, с последующим обучением системы за множество шагов.

На втором этапе для получения визуальных признаков из изображений области рта используется сверточная нейронная сеть. Сеть обучается предсказывать произносимую фонему по соответствующему изображению области рта входного изображения. Обучающие данные включают в себя пары: изображение области рта и соответствующая ему фонема.

Для извлечения визуальных признаков в [3] предлагается использовать сверточную нейронную сеть, которая является одной из наиболее успешно применяемых архитектур нейронных сетей, используемых для решения проблем кластеризации изображений. Это достигается путем обучения сверхнизких напряжений с использованием более ста тысяч изображений области рта и соответствующих им фонемах. Сеть обучается путем максимизации вероятности

правильного сопоставления изображения и фонемы. Сеть самоорганизуется путем обучения с учителем. Данный метод извлечения визуальных признаков имеет два основных преимущества: первое – предлагаемая модель проста в реализации, так как не требуются специальные модели формы губ или ручная разметка изображений. Второе – сверточная нейронная сеть имеет превосходство в плане распознавания сдвинутых либо повернутых изображений.

Таблица 1. Результаты экспериментов [3]

Размер изображения	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Avr.
16×16	42,13	43,40	39,92	39,03	47,67	46,73	43,15
32×32	43,77	47,07	42,77	41,05	49,74	50,83	45,87
64×64	45,93	50,06	46,51	43,57	49,95	51,44	47,91

В табл. 1 приведена зависимость результата распознавания фонем от размерности входного изображения при использовании только визуальных признаков, где C1–C6 – разные спикеры. Как видно из таблицы, точность распознавания при входном изображении, размерностью 64×64 пикселя, в среднем достигает 48%.

Последним этапом является использование многопоточной скрытой марковской модели для интеграции аудио- и визуальных признаков.

На рисунке приведен график, показывающий зависимость WRR от уровня шума двух систем аудиовизуального распознавания, основанных на глубоком обучении, и стандартного метода, с использованием MFCC (Mel-Frequency Cepstral Coefficients) признаков. Как видно из рисунка и метод CNN-DDA [3] и метод, основанный на Deep Bottleneck [4], значительно превосходят WRR базового MFCC при уменьшении отношения сигнал/шум (ОСШ). При этом метод Deep Bottleneck более устойчив к изменению уровня шума.

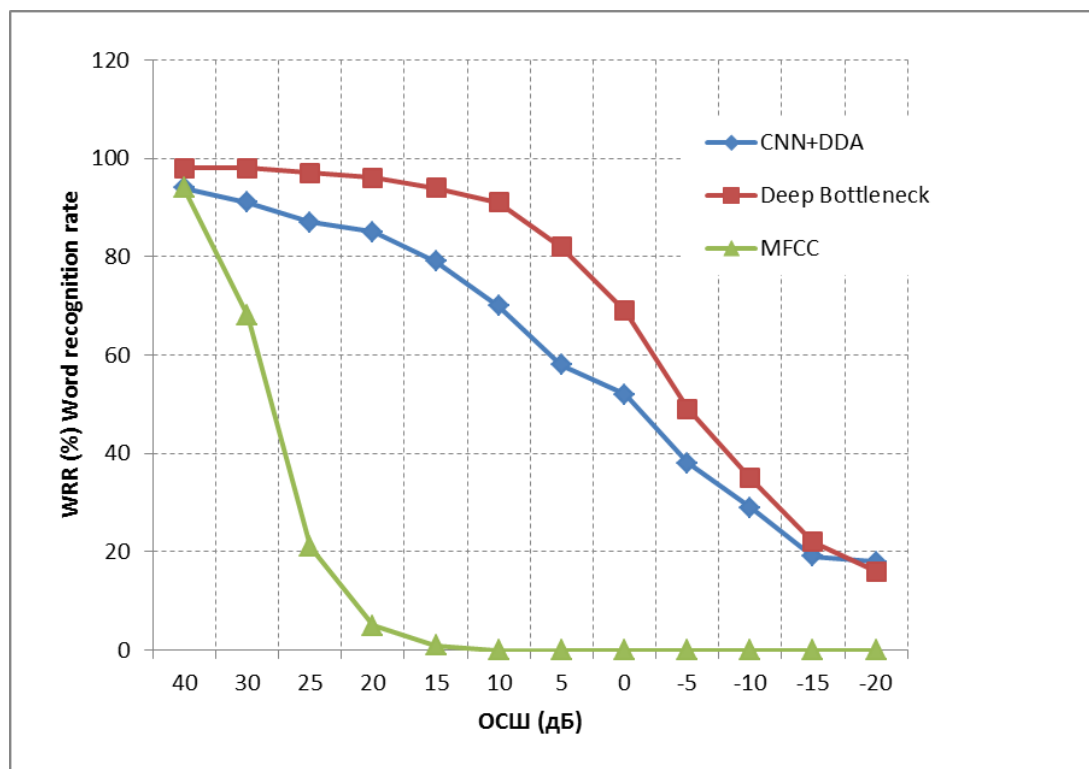


Рисунок. Зависимость WRR от ОСШ рассматриваемых методов

Таблица 2. Результаты сравнения методов

ОСШ (дБ)	MFCC WRR (%)	Deep Bottleneck WRR (%)	CNN-DDA WRR (%)
40	94	98	94
30	68	98	91
25	21	97	87
20	5	96	85
15	1	94	79
10	0	91	70
5	0	82	58
0	0	69	52
-5	0	49	38
-10	0	35	29
-15	0	22	19
-20	0	16	18

Заключение

На сегодняшний день системы аудиовизуального распознавания являются одним из самых многообещающих решений для устойчивого распознавания речи. Использование визуальной информации (движение губ спикера) в AVSR способствует улучшению робастности и точности системы распознавания. В последнее время наибольшее внимание уделяется методам аудиовизуального распознавания, основанным на глубоком обучении и нейронных сетях. Из них самыми перспективными и показывающими наилучшие результаты в задачах распознавания отдельных слов являются методы, базирующиеся на извлечении визуальных признаков с помощью сверточной нейронной сети [3] или, так называемой, сети bottleneck [4]. Оба метода значительно превосходят базовый MFCC при повышении уровня шума – понижении ОСШ ниже 40 дБ.

Литература

1. Карпов А.А. Реализация автоматической системы многомодального распознавания речи по аудио- и видеоинформации // Автоматика и телемеханика. – 2014. – № 12. – С. 125–138.
2. Karpov A., Kipyatkova I., Zelezny M. A framework for recording audio-visual speech corpora with a microphone and a high speed camera // SPECOM. – 2014. – P. 50–57.
3. Kuniaki N., Yuki Y., Hiroshi G. Audio-visual speech recognition using deep learning // Springer science. – 2014. – P. 722–737.
4. Hiroshi N., Norihide K., Satoshi T., Yurie I., Kazuya T. Integration of deep bottleneck features for audio-visual speech recognition // INTERSPEECH. – 2015. – P. 563–567.

ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК ПРИОРИТЕТНОЙ МОДЕЛИ СЕРВЕРА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

И.В. Калинин

Научный руководитель – к.т.н., доцент Л.А. Муравьева-Витковская

Предлагается приближенный метод расчета характеристик приоритетной структурно-функциональной модели сервера распределенной информационно-вычислительной системы. На основании результатов имитационного моделирования выполнена оценка погрешностей характеристик и определены области параметров нагрузки, при которых приближенный метод, разработанный в предположении о непуассоновском характере потоков данных, позволяет получить приемлемые для инженерной практики результаты.

Введение

Распределенные информационно-вычислительные системы (РИВС) – специфические системы, предоставляющие услуги как компьютерных, так и телекоммуникационных сетей. Современные РИВС характеризуются разнообразием предоставляемых пользователям услуг, увеличением числа пользователей и объемов передаваемых данных, повышением уровня требований к качеству обслуживания пользователей, неоднородностью потока данных. Неоднородность потока данных заключается в обработке и передаче пакетов нескольких типов (видео- и аудиопакетов, речевых пакетов, текстовых пакетов и т.д.), к обработке и доставке которых предъявляются различные требования [1]. Одним из способов распределения ресурсов РИВС является распределение в соответствии с существующими на данный момент приоритетами. В связи с этим в качестве модели сервера РИВС используется приоритетная система массового обслуживания (СМО) с неоднородным потоком заявок H классов (рис. 1).

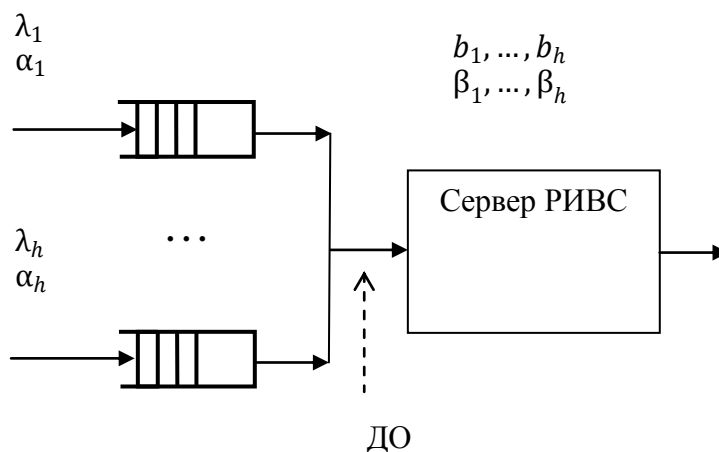


Рис. 1. Модель сервера РИВС

Неоднородность потока данных, а также наличие приоритетов между пакетами данных различных типов, резко усложняет аналитический расчет характеристик функционирования РИВС на моделях массового обслуживания. Несмотря на то, что в настоящее время имеются некоторые результаты по расчету приоритетных СМО с одним обслуживающим прибором и частными дисциплинами обслуживания (ДО) [2], задача аналитического расчета СМО типа $GH/GH/1$ и ДО общего вида не получила своего решения.

Постановка задачи

Расчет характеристик модели сервера РИВС. Для общности будем полагать, что в СМО поступает H классов заявок, образующих потоки с интенсивностями λ_i и коэффициентами вариации интервалов времени между заявками в потоке α_h . Пусть длительности обслуживания заявок распределены по произвольному закону со средними значениями b_h и коэффициентами вариации β_h . Емкости накопителей – неограниченные. На выходе из СМО заявки класса i образуют поток, интенсивность которого равна интенсивности поступления λ_h , а коэффициент вариации равен γ_h ($h = 1, \dots, H$). Положим, что выбор заявок из очередей осуществляется в соответствии с приоритетной дисциплиной обслуживания, когда заявки выбираются из очередей на обслуживание в соответствии с назначенным приоритетом.

Процессы поступления и обслуживания заявок в СМО описывается следующими выражениями:

- интенсивность и коэффициент вариации объединенного потока заявок, поступающих в СМО:

$$\Lambda = \sum_{h=1}^H \lambda_h; \quad \alpha^2 = \sum_{h=1}^H \pi_h \alpha_h^2; \quad (1)$$

- среднее значение и коэффициент вариации длительности обслуживания заявок объединенного потока в СМО:

$$b = \sum_{h=1}^H \pi_h b_h; \quad (2)$$

$$\beta^2 = \sum_{h=1}^H \pi_h b_h^2 [1 + \beta_h^2] / b^2 - 1. \quad (3)$$

В выражениях (1)–(3) величина $\pi_h = \lambda_h / \Lambda$ характеризует вероятность того, что поступившая в СМО заявка принадлежит классу h ($h=1, \dots, H$).

Коэффициент вариации выходящего из СМО потока заявок определяется по следующей формуле [3]:

$$\gamma^2 = \alpha^2 + 2R[1 - R]w/b,$$

где $R = \lambda b$ – суммарная загрузка СМО; $w = \sum_{h=1}^H \pi_h w_h$ – среднее время ожидания заявок объединенного потока; w_h – среднее время ожидания заявок класса h в СМО при заданной дисциплине обслуживания.

Коэффициенты вариации выходящего из СМО потока заявок каждого класса определяются как

$$\gamma_h^2 = 1 + \pi_h [\gamma^2 - 1] \quad (h = 1, \dots, H).$$

Для расчета среднего времени ожидания w_h в СМО заявок класса h используется приближенный метод, учитывающий неэкспоненциальный характер поступающих в СМО потоков заявок. Этот метод основан на пересчете среднего времени ожидания w_h^{Π} , полученного в предположении о простейшем характере потоков заявок, через средние времена ожидания при произвольном w и простейшем w^{Π} объединенном потоке заявок, полученными в предположении о бесприоритетном обслуживании заявок разных классов в СМО:

$$w_h = w w_h^{\Pi} / w^{\Pi},$$

где w_h^{Π} определяется как функция элементов матрицы приоритетов [4]:

$$w_h^{\Pi} = \frac{\sum_{i=1}^h r_6(i, h) \lambda_i b_i^{(2)}}{2(1-R_h^{(4)})(1-R_h^{(5)})} + \frac{R_h^{(3)} b_h^{(1)}}{1-R_h^{(3)}}. \quad (4)$$

В данной формуле используются следующие элементы:

$$r_1(i, h) = 0,5(1-qih-qhi)(2-qih-qhi); \quad r_2(i, h) = qih(2-qih); \quad r_3(i, h) = 0,5qih(qih-1);$$

$$r_4(i, h) = r_2(i, h) + r_3(i, h); \quad r_5(i, h) = r_1(i, h) + r_4(i, h); \quad r_6(i, h) = r_2(h, i) + r_5(i, h);$$

$$R_h^{(g)} = \sum_{i=1}^h r_g(i, h) \lambda_i b_i^{(l)} \quad (g=3, 4, 5);$$

$$b_i^{(l)} = \int_0^{\infty} \tau^l b_i(\tau) d\tau \quad (l=1, 2, \dots).$$

$$\text{Суммарная интенсивность определяется как } \Lambda_h^{(g)} = \sum_{i=1}^h r_g(i, h) \lambda_i.$$

Выражение (4) можно использовать для определения w^{Π} , если все элементы матрицы приоритетов (МП) положить равными нулю.

Среднее время ожидания w в случае произвольного потока заявок, когда коэффициент вариации потока отличен от единицы, вычисляется по приближенной формуле, предложенной в [5]:

$$w = 0,5bR(\alpha^2 + \beta^2)g(\alpha)/(1-R). \quad (5)$$

В последнем выражении величина $g(\alpha)$ определяется в зависимости от значения коэффициента вариации α объединенного потока заявок, поступающих в СМО:

$$g(\alpha) = \begin{cases} \exp\left\{-\frac{2(1-R)(1-\alpha^2)^2}{3R(\alpha^2 + \beta^2)}\right\}, & \alpha < 1; \\ \exp\left\{-\frac{(1-R)(\alpha^2 - 1)}{\alpha^2 + 4\beta^2}\right\}, & \alpha \geq 1. \end{cases} \quad (6)$$

Выбор формулы (5) для расчета w обусловлен тем, что как показали исследования, это выражение позволяет с наименьшей погрешностью по сравнению с другими приближениями получить значение среднего времени ожидания в широком диапазоне изменений коэффициента вариации α интервалов времени между поступающими заявками и коэффициента загрузки R . Так для $R > 0,3$ при изменении коэффициента вариации α в диапазоне от 0 до 2 погрешность результатов расчета по формуле (5) не превышает 15% и резко уменьшается с увеличением загрузки R . В то же время другие приближения, полученные, в том числе на основе диффузионной аппроксимации, дают удовлетворительные результаты лишь при больших значениях загрузки: $R > 0,5-0,7$.

Далее определяются характеристики СМО для заявок класса $h=1, \dots, H$ по следующим формулам:

- среднее время пребывания заявок $u_h = w_h + b_h$;
- средние значения длины очереди и числа заявок в СМО $l_h = \lambda_h w_h$; $m_h = \lambda_h u_h$.

Аналогичные характеристики для объединенного потока заявок:

$$u = \sum_{h=1}^H \pi_h u_h; \quad w = \sum_{h=1}^H \pi_h w_h; \quad l = \lambda w; \quad m = \lambda u.$$

Для проведения исследований воспользуемся комплексом программ, реализующим аналитический метод расчета одноканальных СМО с неоднородным потоком заявок и заданной дисциплиной обслуживания: беспriorитетной (ДО БП), с относительными (ДО ОП), с абсолютными (ДО АП) и со смешанными (ДО СП) приоритетами.

Основной результат

Определим зависимость характеристик функционирования РИВС от структурных и функциональных параметров. В качестве параметра структуры рассмотрим быстродействие процессора сервера РИВС, а функционального параметра – дисциплину обслуживания.

Проанализируем влияние различных дисциплин обслуживания на характеристики функционирования однопроцессорного сервера РИВС, к которому поступают запросы пяти классов с интенсивностями 2,5; 1; 0,5; 0,5; 0,1 [с⁻¹] и средними длительностями обслуживания 0,08; 0,1; 0,2; 0,2; 1 [с] соответственно. Будем предполагать, что интервалы времени между поступающими заявками и длительности их обслуживания распределены по экспоненциальному закону. В качестве основной характеристики функционирования сервера РИВС рассматривается время ответа системы, соответствующее среднему времени пребывания в СМО.

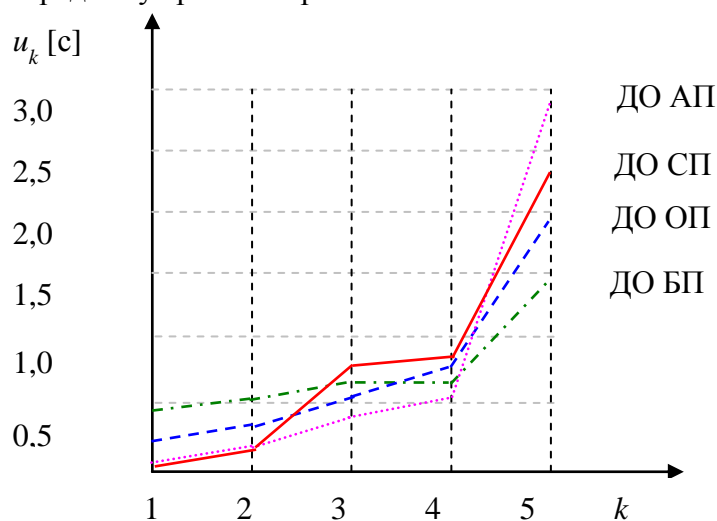


Рис. 2. Зависимость среднего времени пребывания от номера класса (приоритета)

На рис. 2 представлены зависимости среднего времени ожидания заявок различных классов при использовании ДО БП, ДО ОП, ДО АП и ДО СП с МП, соответствующей приоритетам запросов пяти классов к серверу РИВС.

Как видно из приведенных графиков, время ожидания увеличивается с уменьшением приоритета, причем выполняется закон сохранения времени ожидания, сформулированный Л. Клейнроком [6].

Использование ДО ОП и ДО АП приводит к разбросу времен ожидания заявок различных классов, причем наибольший разброс достигается для ДО АП.

ДО СП позволяет, сохраняя такое же высокое качество обслуживания высокоприоритетных заявок первого класса, как в случае ДО АП, уменьшить время ожидания низкоприоритетных заявок пятого класса за счет незначительного увеличения времени ожидания заявок третьего и четвертого классов, т.е. уменьшить разброс времени ожидания заявок различных классов, что может оказаться во многих случаях более предпочтительным.

Заключение

Погрешности результатов расчетов, как показало имитационное моделирование, в большинстве случаев составляют не более 20–30%, причем с увеличением загрузки СМО точность выполняемых расчетов повышается. Наличие методической погрешности обусловлено использованием приближенных зависимостей для определения среднего времени ожидания заявок в СМО с неэкспоненциальными входящими потоками заявок.

Предложенный метод позволяет получить точные значения характеристик обслуживания заявок в следующих случаях:

- для однородной СМО, в которую поступает простейший поток заявок, и длительности обслуживания заявок распределены по экспоненциальному закону;
- для неоднородной СМО с приоритетами, в которую поступают простейшие потоки заявок, и длительности обслуживания заявок разных классов распределены по экспоненциальному закону.

Разработанный приближенный аналитический метод в общем случае позволяет лишь оценить значения характеристик функционирования РИВС, при этом результаты могут иметь значительную погрешность. Оценка погрешности разработанного метода расчета с использованием имитационного моделирования показала, что погрешность характеристик в области больших нагрузок (свыше 0,75) не превышает 20%, а в области нагрузок от 0,2 до 0,5 – может достигать 45%. Для повышения достоверности результатов следует применять комбинированный метод моделирования, основанный на сочетании аналитического и имитационного методов [7].

Литература

1. ITU-T Recommendation Y.1541. Network Performance Objectives for IP-Based Services. – Int'l Telecommunication Union, Feb, 2006. – 50 p.
2. Алиев Т.И. Характеристики дисциплин обслуживания заявок с несколькими классами приоритетов // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. – 1987. – № 6. – С. 188–191.
3. Marshall K.T. Some inequalities in queuing // Operations Research. – 1968. – V. 16. – P. 651–655.
4. Алиев Т.И., Муравьева Л.А. Система с динамически изменяющимися смешанными приоритетами и ненадежным прибором // Автоматика и телемеханика. – 1988. – № 7. – С. 99–106.
5. Kramer W., Langebach-Belz M. Approximate formulae for the delay in the queueing system GI/G/1. ITC-8 // Melbourn. – 1976. – P. 121–132.
6. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. – М.: Мир, 1979. – 600 с.
7. Алиев Т.И., Муравьева-Витковская Л.А. Приоритетные стратегии управления трафиком в мультисервисных компьютерных сетях // Изв. вузов. Приборостроение. – 2011. – Т. 54. – № 6. – С. 44–48.

УДК 004.522

МНОГОМОДАЛЬНОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ РУССКОЙ РЕЧИ ПО АУДИО- И ВИДЕОИНФОРМАЦИИ

А.А. Карпов

Представлена математическая модель и программная реализация автоматической системы распознавания русской речи с применением методов цифровой обработки и анализа аудиовизуальных сигналов от микрофона и видеокамеры. Приведено описание вероятностного моделирования аудиовизуальной речи на основе математического аппарата сдвоенных скрытых марковских моделей, методов объединения информации с применением весовых коэффициентов аудио- и видеомодальностей речи и параметрического представления сигналов.
Ключевые слова: речевые технологии, автоматическое распознавание речи.

Введение

В последние годы особую актуальность для систем управления сложными техническими объектами, роботами, мобильными устройствами приобретают интеллектуальные средства человеко-машинного взаимодействия, основанные на

речевых интерфейсах с применением систем автоматического распознавания и синтеза речи. Для задач голосового управления автоматические системы распознавания уже используются в ряде приложений. Однако остаются недостаточными качество и надежность компьютерного анализа речи в реальных условиях применения. В некоторых условиях функционирования, в частности, при низком качестве звукового сигнала, при наличии внешнего шума или посторонних разговоров, системы и модели распознавания не могут обеспечить требуемое качество функционирования даже при применении разных методов фильтрации и шумоподавления. Чтобы повысить точность и робастность автоматических систем, предлагается дополнительно к обработке звучащей речи проводить анализ визуальной информации о речи на базе технологий машинного зрения («автоматическое чтение речи по губам»), создавая многомодальные системы распознавания.

Речь поступает от человека многомодально и одновременно по нескольким каналам в виде аудио- и видеoinформации. Сигналы от визуальных и слуховых сенсоров дублируют и дополняют друг друга, что помогает правильно воспринимать речь во многих сложных ситуациях, например, при воздействии динамических шумов или при одновременном говорении нескольких человек. Многомодальные пользовательские интерфейсы и системы способны объединять в себе интегральный анализ и обработку гетерогенной информации (речь, мимика и артикуляция, жесты рук, головы и тела, направление взгляда и т.д.).

В настоящее время ведутся разработки систем автоматического распознавания русской речи по аудиоинформации, получаемой от микрофона, в промышленных компаниях Google, Microsoft, Nuance (США), в российских компаниях ЦРТ, СТЭЛ, Яндекс (Россия) и в организациях РАН, в частности, в СПИИРАН, ИППИ РАН, ИПУ РАН, ВЦ РАН, в ведущих университетах: Университете ИТМО, СПбГУ, МГТУ, МГЛУ, и ряде других организаций [1]. Известны также единичные разработки автоматических систем «чтения речи по губам» (распознавания визуальной русской речи) в МГУ [2], в НГЛУ и в Институте кибернетики им. Глушкова НАН Украины [3]. Однако научные исследования (работы компании RealSpeaker таковыми не являются) многомодального распознавания русской речи с применением интегрального анализа аудио- и видеoinформации ранее не проводились ни в России, ни за рубежом, что определяет актуальность и значимость данного исследования.

Автоматическая система многомодального распознавания речи

Существуют два подхода к объединению звуковой и визуальной информации в процессе многомодального распознавания речи: раннее и позднее объединение. В первом методе независимо вычисляются параметрические представления аудио- и видеосигналов, а затем, с учетом достаточно высокой степени синхронности этих модальностей речи, данные параметры объединяются в единый вектор признаков для каждого сегмента анализируемого мультимедийного сигнала. На этапе классификации (распознавания) применяются методы, использующие скрытые марковские модели (СММ) или искусственные нейронные сети, при этом создаются единые модели для акустических звуков речи – фонем и визуальных речевых единиц – визем (динамических изображений формы губ при произнесении разных фонем). Метод поздней интеграции использует независимые модели для анализа звуковых и визуальных сигналов. В этом случае можно объединять как вероятностные модели фонем и визем, так и гипотезы распознавания по каждой модальности. Преимуществом методов позднего объединения является возможность принятия окончательного решения о гипотезе фразы с учетом весовых коэффициентов информативности каждой

модальности, которые могут изменяться в зависимости от внешних условий, в частности, от уровня шума, режима освещения, и т.д.

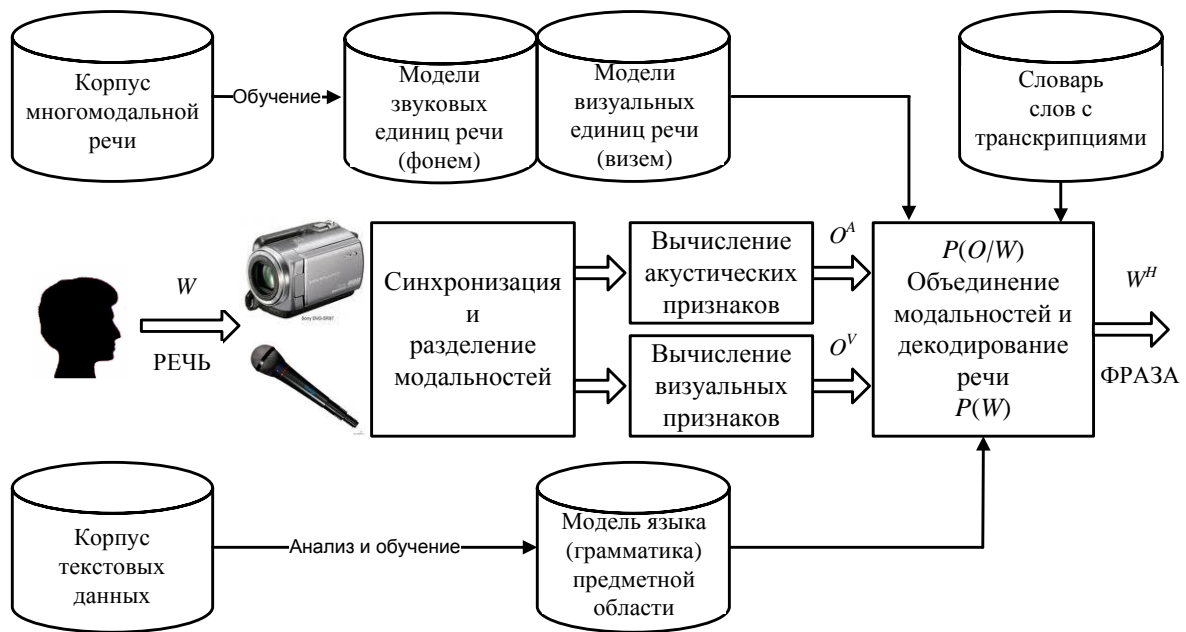


Рис. 1. Архитектура автоматической системы многомодального распознавания речи

На рис. 1 представлена обобщенная архитектура автоматической системы распознавания аудиовизуальной речи, которая использует методы стохастического моделирования акустических и визуальных речевых сигналов. Диктор произносит фразу, представляющую собой последовательность слов $W = (w_1, \dots, w_n)$. Эта последовательность подается в систему распознавания в виде аудио- и видеосигналов от микрофона и видеокамеры соответственно. Задача автоматической системы состоит в максимально точном распознании этой последовательности произнесенных слов и минимизации ошибки распознавания. В ходе распознавания возможно возникновение ошибок, поэтому результат может отличаться от W , например, получится последовательность $W^H = (w_1^H, \dots, w_m^H)$. Для параметрического описания одномерный акустический сигнал равномерно разделяется на короткие сегменты, которые преобразуются в последовательности соответствующих векторов-признаков $O^A = (o_1^A, \dots, o_i^A)$, а двумерный видеосигнал обрабатывается по кадрам с вычислением последовательностей векторов визуальных признаков $O^V = (o_1^V, \dots, o_j^V)$. Вычисленные вектора параметров аудиовизуальных речевых сигналов поступают на вход многомодального декодера (распознавателя) речи, задача которого заключается в генерации множества гипотез произнесенной диктором фразы и в выборе оптимальной гипотезы, имеющей максимальное правдоподобие для входного сигнала.

Для распознавания речевых сигналов применяются методы, использующие СММ, при этом создаются объединенные модели для акустических единиц речи (фонем) и визуальных единиц речи (визем). Во всех современных системах выполняется пофонемное моделирование и распознавание речи, а не целословное, так как это позволяет сократить объем необходимых обучающих данных и обеспечивает оперативное пополнение словаря распознавания путем добавления в него орфографических слов с их фонематическими транскрипциями.

Одной из основных проблем при машинном распознавании аудиовизуальной речи является реализация правильного способа синхронизации и объединения информации речевых модальностей. Суть проблемы состоит в естественном рассогласовании двух

модальностей, т.е. потоки соответствующих фонем и визем в естественной речи не являются полностью синхронными. Такой феномен вызван естественными ограничениями в динамике процесса речеобразования, инерционностью человеческих органов артикуляции и эффектом коартикуляции (взаимовлияние и взаимопроникновение соседних элементов разговорной речи), который по-разному проявляется на акустическом и визуальном компонентах речи, что и вызывает асинхронность.

Для учета естественной для речеобразования временной асинхронности потоков соответствующих акустических и визуальных признаков предложены сдвоенные СММ [4, 5]. На рис. 2 показана топология модели аудиовизуальной единицы речи (пара фонема и визема) с несколькими состояниями для каждого потока векторов-признаков. Кругами обозначены состояния СММ, являющиеся скрытыми для наблюдения, а квадратами – смеси нормальных распределений векторов наблюдений в состояниях. Сдвоенная скрытая марковская модель (ССММ) (Coupled Hidden Markov Model) представляет собой набор параллельных СММ, по одной на каждый информационный поток (модальность). Состояния модели в некоторый момент времени t для каждой СММ зависят от скрытых состояний в момент времени $t-1$ всех параллельных СММ. Таким образом, общее состояние ССММ определяется совокупностью состояний двух параллельных СММ. Преимущество такой топологии в том, что она позволяет нескольким потокам векторов-признаков независимо переходить по состояниям модели, что дает возможность моделировать допустимые временные расхождения в аудио- и видеоданных. В топологии ССММ аудиовизуальных единиц речи применяются по три скрытых состояния на каждый параллельный поток векторов-признаков, при этом считается, что первые состояния соответствуют динамическому переходу от предыдущей речевой единицы, третьи – переходу к последующей единице, а вторые состояния объединенной модели (самые длительные) соответствуют стационарному центральному участку элемента речи.

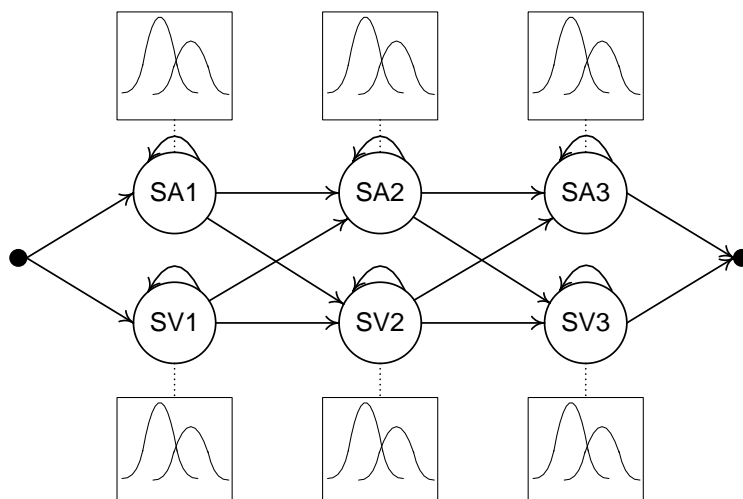


Рис. 2. Топология сдвоенной скрытой марковской модели аудиовизуальной единицы речи

Для полного определения ССММ $\lambda = \langle L, D, B, \gamma \rangle$ некоторой аудиовизуальной единицы речи необходимо задать следующие параметры:

1. количество скрытых состояний модели – L (состояния для аудио- и видеомодальностей речи показаны кругами на рис. 2 и обозначены SA и SV соответственно);
2. матрица вероятностей переходов между состояниями модели – $D = \{d_{ij}\}$, $1 \leq i \leq L$, $1 \leq j \leq L$;

3. распределение вероятностей появления вектора признаков в состояниях модели (показаны в квадратах на рис. 2) – $B = \{b_j(O)\}$. Применяются смеси нормальных

$$\text{распределений вероятности: } b_j(O) = \sum_{m=1}^M c_{jm} N(O, \mu_{jm}, \sigma_{jm}^2), \sum_{m=1}^M c_{jm} = 1, 1 \leq j \leq L,$$

где O – моделируемый вектор параметров (аудио- или видеосигнала); C_{jm} – весовой коэффициент m -й компоненты в состоянии j ; N – плотность вероятности (обычно это гауссовская плотность вероятности) со средним значением (математическое ожидание) μ_{jm} и дисперсией (стандартное отклонение) σ_{jm}^2 для m -й компоненты смеси в состоянии j ; M – количество компонент нормальных распределений в смеси;

4. веса информативности (значимость) $\gamma = \{\gamma^A, \gamma^V\}$ речевых модальностей (аудио- и видеопотоков), они настраиваются в ходе обучения или адаптации системы, причем их сумма является константой $\gamma^A + \gamma^V = 2$.

В русской речи выделяются несколько десятков разных фонем (исследователи и фонетисты выделяют 40–50 фонем, в разрабатываемой системе их 47), поэтому и ССММ в автоматическом распознавателе речи насчитывается столько же. Различимых визем в русской речи намного меньше, их всего 10–12 (в зависимости от артикуляции диктора). Исходя из этого, применяется связывание распределений векторов наблюдений визуальных компонент в состояниях разных ССММ. Общее количество ССММ в системе равняется числу распознаваемых фонем, но для ряда моделей их состояния и параметры являются общими, что упрощает процесс обучения.

Для декодирования (распознавания) слитной речи, подаваемой на вход из аудиовизуального файла, применяется модифицированный метод передачи маркеров (token-passing method) [6], основанный на оптимизационном алгоритме Витерби [7] для многопоточных СММ, который определяет вероятность порождения символов наблюдений (последовательностей векторов-признаков) данной моделью и последовательность пройденных при этом скрытых состояний модели. Суть данного метода состоит в следующем: для моделирования потенциально возможных фраз слитной речи строится единая вероятностная модель (граф) с всевозможными вариантами переходов между СММ минимальных единиц речи (ограниченными словарем распознавания) и между СММ слов (ограниченными моделью языка). Затем методом динамического программирования (Витерби) производится нахождение оптимальной по критерию максимального правдоподобия последовательности/пути скрытых состояний (несущих информацию о речевых единицах) модели для порождения обрабатываемой последовательности наблюдений [7]. В результате декодирования речевого сигнала автоматической системой может выдаваться одна или несколько наилучших гипотез распознавания произнесенной фразы. Принятие решения о выборе гипотезы распознавания осуществляется на основе максимизации вероятностей порождения гипотез, полученных при анализе сигнала.

В автоматической системе распознавания акустический речевой сигнал захватывается аналоговым конденсаторным микрофоном Октава МК-012, подключенным к звуковой плате и оцифровывается с частотой дискретизации 16 кГц, 16 бит на каждый отсчет. Эта последовательность цифровых отсчетов разделяется на перекрывающиеся сегменты, примерно соответствующие квазистационарным участкам речевого сигнала. Каждый вектор акустических признаков состоит из 13 мел-частотных кепстральных коэффициентов (с их первой и второй производными), вычисляемых из 26-полосного банка фильтров по мел-шкале частот для речевых сегментов длительностью 20 мс, следующих с перекрытием 10 мс [7]. Таким образом, частота следования векторов акустических признаков составляет 100 Гц.

В системе выполняется цифровая обработка кадров, получаемых от видеокамеры с оптическим разрешением изображения 720×576 пикселей, прогрессивной разверткой и частотой кадров в 25 Гц. На видеокдрах происходит поиск области лица человека каскадным классификатором по методу Adaptive Boosting (AdaBoost – адаптивное усиление классификаторов) [8], основанному на алгоритме Виола–Джонса [9]. Этот алгоритм реализован и предварительно обучен на изображениях лиц и лицевых органов различных людей в рамках свободно доступной библиотеки компьютерного зрения OpenCV [10].

В автоматической системе распознавания применяется и второй каскадный классификатор, осуществляющий поиск области рта в нижней части области лица человека в кадре. В результате такой обработки на двумерных видеокдрах находится и графически отмечается область рта (Region of Interest) основного диктора. Далее производится цифровая обработка изображения, состоящая из следующих шагов: нормализация обнаруженной прямоугольной области губ до изображения 32×32 пикселей и отображение в 32-мерный вектор-признаков при использовании метода анализа главных компонент изображения (Principal Component Analysis, PCA) [11]; повышение частоты векторов-параметров с 25 Гц до 100 Гц посредством интерполяции компонент векторов-признаков, чтобы соответствовать частоте следования векторов акустических признаков; линейный дискриминативный анализ (Linear Discriminant Analysis, LDA), который позволяет отнести конкретный визуальный объект к одному из заданных классов (визем) [11]. Такая обработка преобразует видеоданные в последовательности 10-мерных векторов-признаков с частотой 100 Гц. Основой алгоритма вычисления визуальных параметров является анализ главных компонент изображения, который применяется для сжатия информации без существенных потерь информативности; с помощью матриц отображения входное изображение разлагается на набор линейных коэффициентов (главных компонент). Сумма главных компонент, умноженных на соответствующие собственные вектора, является приближенной реконструкцией изображения.

Объединение параметрической информации при декодировании слитной русской речи происходит на позднем уровне при вычислении вероятности нахождения ССММ в конкретном ее двойственном состоянии с применением весовых коэффициентов информативности модальностей, настраиваемых на этапе обучения и адаптации системы к данным.

Заключение

В работе представлена разработка и исследование автоматической системы многомодального распознавания русской речи с применением моделей, методов и алгоритмов анализа звучащей речи и автоматического чтения речи по губам диктора. Текущее междисциплинарное исследование направлено на решение проблемы повышения точности и надежности распознавания русской речи. Предварительные эксперименты показывают, что точность многомодального распознавания слов (цифр) слитной речи достигает более 97% для малого словаря предметной области в реальном масштабе времени.

Литература

1. Karpov A., Markov K., Kipyatkova I., Vazhenina D., Ronzhin A. Large vocabulary Russian speech recognition using syntactico-statistical language modeling // *Speech Communication*. Elsevier. – 2014. – V. 56. – P. 213–228.

2. Soldatov S. Lip Reading: Preparing Feature Vectors // In Proc. International Conference Graphicon'2003. – 2003. – P. 254–256.
3. Крак Ю.В., Бармак А.В., Тернов А.С. Информационная технология для автоматического чтения по губам украинской речи // Компьютерная математика. – 2009. – № 1 – С. 86–95.
4. Nefian A.V., Liang L.H., Pi X., et al. A Coupled HMM for Audio-Visual Speech Recognition // In Proc. Int. Conf. ICASSP'02. – 2002. – P. 2013–2016.
5. Карпов А.А. Автоматическое распознавание аудиовизуальной русской речи с применением асинхронной модели // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2010 – Т. 8. – № 7 – С. 91–96.
6. Young S., Evermann G., Gales M., et al. The HTK Book. HTK Version 3.4. – Cambridge University Press, 2009.
7. Benesty J., Sondhi M., Huang Y., et al. Springer Handbook of Speech Processing – Springer, 2008. – 1159 p.
8. Вежневек А., Вежневек В. Boosting – Усиление простых классификаторов // Компьютерная графика и мультимедиа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cgm.computergraphics.ru/content/view/112>, своб.
9. Castrilyn M., Deniz O., Hernandez D., et al. A Comparison of Face and Facial Feature Detectors based on the Viola-Jones General Object Detection Framework // Machine Vision and Applications. – 2011. – V. 22. – № 3. – P. 481–494.
10. Bradsky G., Kaehler A. Learning OpenCV. – O'Reilly Publisher, 2008. – 580 p.
11. Liang L., Liu X., Zhao Y., et al. Speaker Independent Audio-Visual Continuous Speech Recognition // In Proc. International Conference on Multimedia and Expo ICME'02, Lausanne, Switzerland. – 2002. – P. 25–28.

УДК 04.414.23

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТОВ В СИСТЕМАХ С ВЕРОЯТНОСТНЫМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ

А.В. Клакевич

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

Рассмотрена задача распределения приоритетов в системах с вероятностными ограничениями на времена пребывания запросов разных классов. Сформулированы постановка задачи и этапы автоматизации процесса выбора дисциплины обслуживания запросов в классе дисциплин со смешанными приоритетами.

Ключевые слова: проблемно-ориентированные вычислительные системы, дисциплина обслуживания, матрица приоритетов, смешанные приоритеты.

Введение

Проблемно-ориентированные вычислительные системы используются для обработки большого количества класса запросов. Особенностью таких систем является наличие ограничений на время пребывания в системе запросов каждого класса. Ограничения могут налагаться на средние значения или указываться в виде вероятностных ограничений. Обеспечить выполнение заданных ограничений можно с помощью определения порядка выбора запросов различных классов на обработку. Порядок выбора задается в виде дисциплины обслуживания. Многообразие выбора различных дисциплин обслуживания и правил назначения приоритета, а также трудность расчета характеристик системы при большом количестве классов запросов требуют автоматизации распределения приоритетов.

Объект исследований – информационно-управляющие системы, работающие в режиме реального времени, что предполагает наличие вероятностных ограничений на время пребывания запросов в системе.

Задача распределения приоритетов заключается в выборе дисциплины обслуживания запросов и оценке производительности системы, при которых выполняются ограничения для всех классов запросов ($i = 1, \dots, n$):

$$P(\tau_{u_i} > u_i^*) < \delta_i^*, \quad (1)$$

т.е. вероятность превышения допустимого времени пребывания u_i^* запросов каждого класса меньше заданных допустимых значений δ_i^* .

Для описания вычислительных систем используется совокупность величин: параметры и характеристики. Набор параметров системы разделяется на три группы: структурные, функциональные и нагрузочные.

Характеристики системы представляют собой совокупность показателей эффективности (качества) системы, например: задержка запросов в системе (время пребывания и время ожидания запроса в системе), стоимость системы, производительность системы, нагрузка и загрузка, количество запросов в системе.

Изменить эти характеристики можно следующими действиями:

- изменением производительности системы;
- изменением дисциплины обслуживания запросов.

Модель системы

Для исследования зависимостей характеристик от параметров на основе изучаемой системы создается ее модель. В качестве модели вычислительных систем широко используют системы массового обслуживания.

В качестве модели вычислительной системы используется одноканальная система массового обслуживания (СМО) с неоднородным потоком запросов (рисунок). СМО – одноканальная, так как подразумевается, что система с одним обрабатывающим устройством. Предполагается, что поток запросов простейший, этим обеспечивается возможность применения аналитических методов. Иначе выполнить расчет характеристик по математическим формулам и выражениям не представляется возможным.

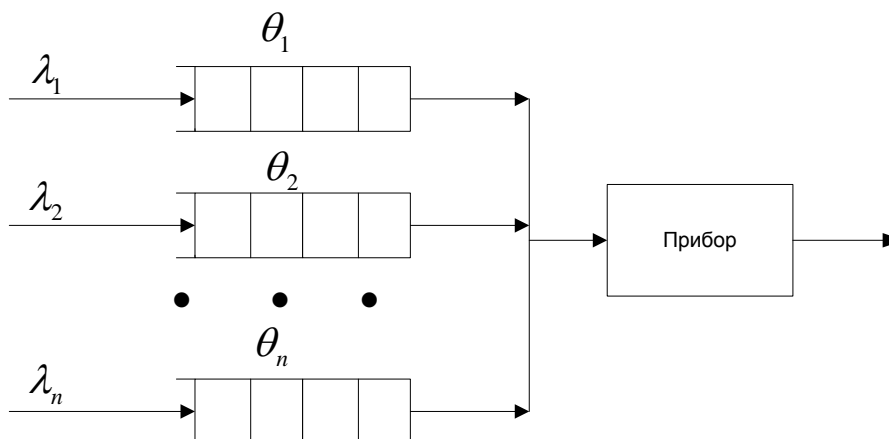


Рисунок. Модель СМО

В систему с интенсивностями $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ поступает n потоков запросов разных классов, которые ожидают обработки в очередях Q_1, \dots, Q_n , если прибор занят. Обработка запросов заключается в выполнении прибором определенной

последовательности действий (задержка запроса). Обработка запроса характеризуется длительностью обработки, определяемой ресурсоемкостью и производительностью устройства. Запросы на обработку выбираются из очередей в соответствии с дисциплиной обслуживания, которая должна обеспечивать выполнение ограничения. Задача выбора ДО реализуется с помощью аналитических методов.

При решении задачи распределения приоритетов в системах с вероятностными ограничениями, запросы на обслуживание в вычислительных системах выбираются из очередей в соответствии с дисциплиной обслуживания, заданной в классе дисциплин со смешанными приоритетами (ДО СП), предполагающей наряду с беспriorитетным обслуживанием наличие относительных и абсолютных приоритетов [1]. Для описания ДО СП используется матрица приоритетов $Q = [q_{ij}]$ (МП) размерности $n \times n$, элементы матрицы приоритетов определяют вид приоритета запросов одного класса по отношению к запросам другого класса:

$$Q = \begin{vmatrix} 0 & q_{12} & \dots & q_{1n} \\ q_{21} & 0 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{n1} & \dots & \dots & 0 \end{vmatrix},$$

где n – число классов запросов, поступающих в систему; q_{ij} ($i, j = 1, \dots, n$) – элемент матрицы, описывающий вид приоритета запросов класса i по отношению к запросам класса j и принимающий следующие значения:

- 0 – нет приоритета;
- 1 – приоритет относительный;
- 2 – приоритет абсолютный.

Пример матрицы приоритетов с ДО СП, состоящей из 4 классов запросов, в которой 2 и 3 классы запросов образуют между собой беспriorитетную группу – они имеют относительный приоритет над 4 классом, а 1 класс запросов имеет абсолютный приоритет по отношению ко всем классам запросов:

$$Q^{СП} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} & \begin{vmatrix} 0 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \end{matrix}.$$

Этапы выбора дисциплины обслуживания

Процесс выбора дисциплины обслуживания запросов в классе дисциплин со смешанными приоритетами является итерационным и реализуется в несколько этапов [2].

На первом этапе выполняется расчет нижней границы производительности, обеспечивающей отсутствие перегрузок в системе, а также учет заданных ограничений на времена пребывания. Нижняя граница производительности рассматривается в качестве показателя эффективности распределения приоритетов: наилучшей ДО является та, при которой заданные ограничения на времена пребывания запросов всех классов выполняются при производительности, близкой к нижней границе [2].

На втором этапе рассчитываются характеристики обработки запросов для беспriorитетной ДО и ДО с одним видом приоритетов (относительным или абсолютным), распределенных между запросами разных классов в зависимости от заданных ограничений $\delta_1^* \dots \delta_n^*$ и ресурсоемкостей обработки $\theta_1, \dots, \theta_n$. Для дальнейшего поиска выбирается ДО, обеспечивающая выполнение заданных ограничений (1) при наименьшем значении производительности системы.

Третий этап состоит в целенаправленном переборе и расчете характеристик ДО СП путем последовательного изменения приоритетов между классами запросов с минимальным и максимальным относительным отклонением вероятности превышения времени пребывания от допустимого значения. Расчет характеристик осуществляется в режиме поиска наименьшего значения производительности V системы, при которой выполняются ограничения (1). Процесс продолжается до тех пор, пока не будет найдена ДО, обеспечивающая выполнение заданных ограничений (1) при значении производительности, близкой к нижней границе.

На последнем этапе для найденной ДО путем варьирования производительности выполняется детальный анализ характеристик функционирования системы в широком диапазоне изменения производительности [2].

Заключение

В результате была разработана программа, позволяющая автоматизировать назначение приоритетов в классе ДО со смешанными приоритетами при наличии вероятностных ограничений на времена пребывания запросов в системе, что сокращает трудоемкость выбора ДО в несколько раз. Это особенно актуально в связи с экспоненциальным ростом количества ДО, с увеличением количества классов запросов, поступающих в систему. Так, например, в случае 5 классов количество допустимых ДО составляет 541, а уже при 8 классах – более полумиллиона. Была решена задача аппроксимации функции распределения времени пребывания. Разработаны: алгоритм распределения приоритетов и алгоритм расчета вероятности превышения допустимого времени пребывания запросов в системе. В ходе экспериментов было выявлено, что заменить средние ограничения вероятностными не представляется возможным, так как характеристики системы не совпадали при различных значениях ограничений. Было выявлено влияние значения допустимого времени пребывания запросов на производительность системы.

В дальнейшем планируется вывести третьи моменты для более точной оценки производительности системы с вероятностными ограничениями (в настоящее время используются вторые моменты). Будет оценена зависимость коэффициента простоя системы от емкости накопителя. В будущем планируется произвести анализ различных СМО с нестационарными потоками входящих запросов.

Литература

1. Алиев Т.И. Математические методы теории вычислительных систем. Учебное пособие. – Л.: ЛИТМО, 1979. – 90 с.
2. Клакевич А.В., Сосновский Е.А. Автоматизированное распределение приоритетов в системах со средними ограничениями // Сб. трудов молодых ученых и сотрудников кафедры ВТ. – 2014. – Вып. 5. – С. 35–38.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ВСТРАИВАЕМОГО АППАРАТНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

А.С. Козлов

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.Л. Ткалич

В работе рассмотрена разработка конструкции встраиваемого аппаратного модуля для электронных устройств. Основной особенностью технического прогресса в настоящее время заслуженно считается активное развитие рынка встраиваемых систем. В то время как понятие «встраиваемая система» расширяется с каждым годом и захватывает новейшие области электронных устройств, компонентов, и т.д.

Ключевые слова: встраиваемый аппаратный модуль, система управления, встраиваемая система.

Основной особенностью технического прогресса в настоящее время заслуженно считается активное развитие рынка встраиваемых систем. В то время как понятие «встраиваемая система» расширяется с каждым годом, и захватывает новейшие области электронных устройств, компонентов, и т.д.

Встраиваемая система (embedded system) – является специализированной компьютерной системой управления (СУ), чья концепция разработки заключается в работоспособности системы при ее встраиваемости непосредственно в устройство, которым она «управляет» [1].

Понятие «встраиваемая система» означает специфическую систему, которая направлена на решение узкого круга задач, т.е. с точки зрения применимости – не универсальную. Такими «узкими» задачами сначала были органайзеры, калькуляторы, СУ бытовой техникой и т.д. В силу своей специфики такие встраиваемые системы не обладали большой сложностью и вычислительной мощностью. В связи с этим средства их проектирования были специфическими, не универсальными и т.д. Но технологическая революция, которая проходит в последние годы, привела к огромному росту рынка встраиваемых систем, особенно заметного после слияния с рынком автомобильной компьютеризации, а также систем и средств коммуникации (в том числе и беспроводных).

В результате современную встраиваемую систему можно представить в виде сложного симбиоза различных аппаратных решений, программных систем, распределенных протоколов взаимодействия и т.д. Например, современные сотовые телефоны фактически исполняют роль мини-компьютера, наделенного всеми необходимыми компонентами.

Для создания современной встраиваемой системы всегда нужен центральный вычислительный узел, который будет связующим узлом для расширения возможности системы.

Благодаря тому, что размещение СУ осуществляется внутри более сложного устройства [2, 3], ключевую роль при разработке будут играть такие факторы, как:

- min собственное энергопотребление (возможность автономного питания);
- min собственные габариты и вес;
- корпус минимален, обеспечение прочности и жесткости конструкции;
- функции отвода тепла или охлаждения обеспечиваются минимальным количеством требований к тепловым режимам;
- совмещение на одном кристалле микропроцессора, системной логики и ключевых микросхем;
- специальные военно-космические требования по радиационной и электромагнитной стойкости, работоспособность в вакууме, гарантированное время наработки, срок доступности решения на рынке и т.д.

Основанием для построения простых встроенных систем часто служат одноплатные, иначе говоря, однокристалльные электронно-вычислительные машины (ЭВМ), которые являются специализированными или универсальными микропроцессорами, ПЛИС. С целью осуществления построения некоторых видов встроенных систем используются микропроцессоры архитектуры ARM. Данные микропроцессоры имеют широкое распространение непосредственного использования или обеспечения большой степени совместимости с морально устаревшими за долгое время выпуска (десятки лет) устройствами и интерфейсами (примером могут служить процессоры семейств Intel 8086, 1386, I486, Pentium и их аналоги; шины ISA и т. п.) по причине малой стоимости разработки конкретного решения.

В настоящее время встраиваемые системы бурно развиваются и проникают на новые рынки сбыта, поэтому их область применения обширна.

Областью применения встроенных систем являются: промышленная автоматизация, измерительная техника и приборостроение, медицина, авиация, наземный транспорт, торговля, индустрия развлечений, телекоммуникации, мобильные и портативные устройства [1–3].

При осуществлении разработки устройства для начала необходимо сформулировать требования, которые предъявляются к устройству, далее анализируются функции, выполняемые модулем. В настоящей работе предстояло решить комплекс технических задач:

- обеспечить устройством выполнение заявленных в техническом задании требований;
- обеспечить соответствующее удобство эксплуатации, не пренебрегая техническими параметрами, т.е. без потери функциональности.

Так как эта разработка проводилась впервые, и многие решения еще только предстоит отработать, было решено выбрать наиболее технологичное решение, которое заключается в разделении устройства на функциональные блоки, что позволит увеличить ремонтпригодность и упростить этап отладки, а также осуществить параллельную разработку и отладку нескольких вариантов узлов и произвести тестирование каждого из них по-отдельности и в комплексе. В современной практике есть возможность приобретения многих узлов уже в законченном виде, чаще всего это не только удобнее и быстрее, чем осуществлять разработку с «нуля», но и дешевле в силу массовости производства готовых компонентов. Такие компоненты проходят всестороннее тестирование, а присутствие на отечественном и мировом рынке большой номенклатуры позволяет выбрать наиболее подходящий по всем параметрам узел.

Осуществляя выбор технологических решений, необходимо руководствоваться следующими параметрами: взаимозаменяемость, доступность компонентов на рынке, ремонтпригодность, легкость, возможность параллельной отладки.

В данном случае при разработке модуля для встраиваемых систем необходимо учитывать, что это устройство должно обеспечивать непрерывную работу при перебоях в электрической сети, а также иметь небольшие размеры [2–4].

Так как модуль предусматривает режим работы совместно с подключенной периферией, то нужно обеспечить соответствующими средствами связи, такими как:

- связь по последовательным интерфейсам RS-232 и RS-245. Этот способ связи предусматривает наличие интерфейсов RS-232 и RS-245 как у модуля, так и у персонального компьютера. В современной компьютерной индустрии эти интерфейсы часто заменяют универсальной электронно-вычислительной аппаратурой (Universal Serial Bus, USB);
- связь по последовательному интерфейсу USB. USB – последовательный интерфейс передачи данных для среднескоростных и низкоскоростных периферийных устройств в вычислительной технике. Символом USB являются

четыре геометрические фигуры: большой круг, малый круг, треугольник и квадрат, расположенные на концах древовидной блок-схемы. USB – распространенная на персональных компьютерах шина для внешних устройств. Сочетает в себе высокую пропускную способность и возможность подключать устройство во время работы, что позволяет не вмешиваться в работу устройства при его стыковке с персональным компьютером;

- связь по сетевому интерфейсу Ethernet 10BASE-T/100BASE-TX/ 1000BASE-T. Этот вид связи позволяет удаленно наблюдать и получать информацию, а также управлять работой анализатора физически удаленного от места сбора данных. Достаточно подключить и настроить туннелированные соединения через уже существующую сетевую инфраструктуру объекта;
- связь по специализированному аппаратному интерфейсу JTAG. JTAG (англ. Joint Test Action Group) – название рабочей группы по разработке стандарта IEEE 1149. Позднее это сокращение стало прочно ассоциироваться с разработанным этой группой специализированным аппаратным интерфейсом на базе стандарта IEEE 1149.1. Официальное название стандарта Standard Test Access Port and Boundary-Scan Architecture. Интерфейс предназначен для подключения сложных цифровых микросхем или устройств уровня печатной платы к стандартной аппаратуре тестирования и отладки. На текущий момент интерфейс стал промышленным стандартом. Практически все сложные цифровые микросхемы оснащаются этим интерфейсом для тестирования печатных плат.

По климатическим условиям модуль должен быть выполнен по категории 4.1 и в исполнении УХЛ (умеренный и холодный климат) по ГОСТ 15150-69, температура окружающей среды от +10 до +25°C.

Изделие необходимо изготовить в соответствии с группой М1 (в стационарной аппаратуре и приборах, устанавливаемых на неподвижных объектах, а также в аппаратуре и приборах, не имеющих приспособлений для переноски и требующих применения специальных мер защиты при перевозке) условий эксплуатации согласно ГОСТ 25467-82.

В настоящей работе была разработана конструкция программно-аппаратного комплекса для встраиваемых систем. Благодаря грамотно спроектированной топологии печатной платы удалось получить компактное устройство с большим набором возможностей [4]. Главной особенностью данной разработки являлось наличие на кромке печатной платы торцевых контактных площадок, расположенных по периметру печатной платы. В работе проведены следующие расчеты: расчет надежности, расчет вибропрочности, тепловой расчет [2–4]. Данные расчеты показывают, что конструкция программно-аппаратного комплекса соответствует всем необходимым требованиям, указанным в техническом задании (ТЗ).

Все вышеперечисленное позволяет сделать вывод о том, что разрабатываемая конструкция программно-аппаратного комплекса для встраиваемых систем отвечает всем требованиям ТЗ и пригодна к эксплуатации.

Разработка и выпуск конструкторской документации осуществлялись с использованием вычислительной техники и систем автоматизированного проектирования KiCAD и КОМПАС v. 13.

Литература

1. Козлов А.С. Подходы к процессу вывода информационной системы из эксплуатации с обеспечением частичной доступности созданного информационного обеспечения // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых – 2014. – Вып. 1. – С. 195–196.

2. Козлов А.С. Исследование статики и динамики чувствительных элементов герконов и акселерометров в датчиках и преобразователях // XIX Санкт-Петербургская Ассамблея молодых ученых и специалистов. – 2014. – С. 150.
3. Козлов А.С., Лабковская Р.Я., Пирожникова О.И., Коробейников А.Г. Моделирование динамики чувствительных элементов герконов систем управления // Информационные технологии в профессиональной деятельности и научной работе: сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Йошкар-Ола: ПГТУ. – 2014. – С. 249–255.
4. Козлов А.С., Пирожникова О.И., Лабковская Р.Я. Новые разработки в области герконовой элементной базы // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых. – 2014. – Вып. 1. – С. 201–202.

УДК 004.056

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТИПОВ МЕЖСЕТЕВЫХ ЭКРАНОВ

В.С. Коломойцев

В работе проведен анализ существующих групп межсетевых экранов (МЭ) – МЭ с фильтрацией пакетов, МЭ с адаптивной проверкой пакетов и МЭ прикладного уровня. Исследованы их возможности в вопросе обеспечения информационной безопасности, а также ограничений, налагаемых на работу сети при их использовании. Выявлено, что наименьшее влияние на вычислительную сеть оказывают МЭ с фильтрацией пакетов, а наибольшее – МЭ с адаптивной проверкой пакетов. Более гибкими в своей настройке и уровне обеспечения безопасности сети оказались МЭ прикладного уровня.

Ключевые слова: информационная безопасность, межсетевые экраны, вычислительные сети, сетевая безопасность.

В современных экономических системах в результате повсеместного использования вычислительных сетей остро стоит вопрос организации защиты обрабатываемой в них информации от угроз прослушивания, повреждения и подмены, а также предотвращения заражения оконечных узлов, работающих в вычислительных сетях.

Организация защиты вычислительных сетей является одной из ключевых частей области информационной и экономической безопасности. В процессе обеспечения защиты трафика и устройств, входящих в состав вычислительных сетей, требуется учитывать специфику деятельности организаций, которые используют вычислительные сети, а также решать смежные с процессом организации безопасности сетей задачи, такие как контроль за производительностью и надежностью, стоимостью создания и обслуживания и сложностью архитектурной реализации вычислительной сети.

При организации сетевой безопасности в каждой конкретной организации необходимо учитывать, какие из параметров работы вычислительной сети для нее являются наиболее важными, а какими имеет возможность пренебречь. Для одних организаций наиболее важным критерием работы с вычислительной сетью является наибольшая ее производительность, в виду тех или иных причин. В результате внедрение большого количества средств и систем, обеспечивающих сетевую безопасность, может существенно сказаться на процессе работы организации и качестве предоставляемых ею услуг. Для другой организации важнейшим критерием может стать простота внедрения и настройки средств защиты информации из-за, например, часто меняемой (или изменяемой) архитектуры вычислительной сети. Для третьей – требуется обеспечить максимальный уровень защиты и надежной работы определенного участка вычислительной сети, несмотря на предполагаемые негативные последствия в аспектах производительности и стоимости реализации решения. Тем

самым требуется использовать именно то решение, которое позволит оптимальным образом решить задачи организации в области информационной безопасности.

Одним из основных элементов обеспечения информационной безопасности сетей являются межсетевые экраны (МЭ). В зависимости от выбранного типа МЭ (или их набора) становится возможным решить требуемые задачи обеспечения защиты курсирующей по сети информации и защиты конечных узлов сети от угроз извне.

В настоящей работе проведен анализ существующих групп МЭ – МЭ с фильтрацией пакетов, МЭ с адаптивной проверкой пакетов и МЭ прикладного уровня [1]. Исследованы их возможности в вопросе обеспечения информационной безопасности, а также ограничения, налагаемые на процесс работы с информацией и с самой вычислительной сетью при использовании каждой из них в конкретной вычислительной сети.

Типы межсетевых экранов. В зависимости от типа МЭ, применяемого в вычислительной сети, влияние МЭ на различные ее аспекты (безопасность, производительность, надежность и т.д.) может различаться от незначительного и вплоть до критически влияющего на сам процесс работы с сетью.

В настоящее время выделяют три основных типа МЭ в зависимости от уровней сетевой модели OSI, на которых они осуществляют свою работу и, соответственно, их возможностей по обеспечению сетевой безопасности.

Первый из рассматриваемых типов МЭ – это МЭ с фильтрацией пакетов (МЭ-Ф). МЭ-Ф располагаются на сетевом уровне сетевой модели OSI, и они предназначены для фильтрации пакетов, поступающих в корпоративную сеть на основе адресов отправителя и получателя пакетов, номеров портов транспортного уровня модели OSI и статических правил, заданных администратором. С помощью данного типа МЭ удобно разграничивать между ресурсами вычислительной сети их области доверенного доступа, а также закрывать доступ извне к важным участкам корпоративной сети.

К положительным сторонам применения МЭ-Ф можно отнести то, что их применение практически никак не сказывается на производительности вычислительной сети. Установка МЭ-Ф позволит существенно снизить количество поврежденных пакетов и спама, поступающих в корпоративную сеть и понизить риск DDoS-атак, при этом потеряв лишь сотые доли процента от скорости соединения. Также МЭ-Ф имеют сравнительно низкую стоимость и просты в своей настройке. Благодаря этому они являются одним из самых распространенных типов МЭ.

Однако данный тип МЭ имеет существенные отрицательные черты. МЭ-Ф обеспечивает наименьший уровень безопасности вычислительной сети, так как не имеет возможности проверять содержимое и параметры проходящих по сети пакетов. Иными словами у МЭ-Ф имеется уязвимость механизма защиты для различных видов сетевых атак, таких как подделка исходных адресов пакетов, несанкционированное изменение содержимого пакетов и т.д. Также, при большом количестве узлов, подключенных к данному МЭ, что приводит к появлению большого количества однотипных настроек, становится сложно следить за правильностью соблюдения правил безопасности в сети и, тем самым за корректным выполнением его работы. В дополнение ко всем вышеуказанным чертам, МЭ-Ф чаще всего не имеют функций контроля безопасности (аудита) и журнала регистрации событий, что существенно сказывается на возможности быстрой и своевременной реакции на возможные угрозы, а также анализе уже произошедших атак на корпоративную сеть.

МЭ с адаптивной проверкой пакетов (МЭ-А) позволяют существенно повысить уровень сетевой безопасности в применяемых их организациях. В сравнении с МЭ-Ф, данный МЭ имеет возможность работать не только на сетевом уровне сетевой модели OSI, но и также на более высоких уровнях. Благодаря этому такие МЭ способны, в

дополнение к возможностям МЭ-Ф, отслеживать сеансы между приложениями, не пропускать пакеты, нарушающие спецификации TCP/IP, противодействовать сканированию ресурсов и обрыву/замедлению соединений, а также предотвращать инъекции данных и, в отдельных случаях, следить за отсутствием вредоносной информации в поступающих в корпоративную сеть данных.

МЭ, относящиеся к данному типу, способны подробно и тщательно анализировать содержимое проходящих через них пакетов, а также корректность их параметров. «Глубина» работы данного типа МЭ, зависит лишь от возможностей конкретной используемой модели МЭ и точности установленных настроек. На рынке данный тип МЭ имеет широкое представление, что позволяет выбрать МЭ именно с теми параметрами и возможностями, которые необходимы для какой бы то ни было конкретной организации.

Негативными аспектами применения данного типа МЭ являются их высокая стоимость, возможная сложность настройки и слежения за правильностью установленных параметров, а также (в зависимости от «глубины проверки» пакетов) снижение производительности вычислительной сети. В связи с этим применение данного типа МЭ (с максимально предоставляемыми ими возможностями) желательно на участках сети, где требуется обеспечить высокий уровень безопасности.

Способность борьбы с зараженной информацией, несанкционированной деятельностью в сети и DDoS-атаками у МЭ-А намного выше, чем у МЭ-Ф, однако, как указывалось ранее, за данную возможность чаще всего приходится жертвовать общей производительностью вычислительной сети и высокой стоимостью сетевого оборудования. Исходя из этого, их использование наиболее целесообразно на участках сети, которые требуют повышенного контроля и уровня информационной безопасности и где достижение высокой пропускной способности сети не является первоочередной задачей.

МЭ прикладного уровня (МЭ-П), также как и МЭ-А, способны анализировать содержимое пакетов. Ключевой стороной данного типа МЭ является то, что их можно установить на любое оконечный узел или вычислительное устройство и, в зависимости от имеющихся вычислительных мощностей устройства и установленных настроек МЭ, он будет способен обеспечивать защиту оконечного узла или же всей сети в целом на требуемом от него уровне.

На каждой современной вычислительной системе имеется МЭ-П. В зависимости от местонахождения в иерархии корпоративной сети МЭ-П выполняет в ней те или иные задачи: анализ поступающих на узел данных, на предмет наличия в них вредоносной информации; запрет несанкционированного доступа узла одного из участков корпоративной сети к ресурсам другого участка; подтверждение корректности проходящих через узел пакетов; ведение журнала регистрации событий и т.д.

Однако применение МЭ-П имеет аналогичную негативную сторону, как и у МЭ-А – снижение производительности сети в зависимости от «глубины проверки» пакетов. В связи с тем, что МЭ данного типа работают только на высоких уровнях сетевой модели OSI, то такие МЭ имеют ряд ограничений по скорости своей работы и анализу курсирующих по сети пакетов. При этом, благодаря тому, что их можно устанавливать на каждое отдельное вычислительное устройство с настройкой строго под нужды этого устройства (или сегмента сети, к которому оно подсоединено), то это позволяет создавать более гибкие архитектурные решения вычислительной сети, тем самым балансируя нагрузку уже по вычислительным узлам, а не по участкам сети. Производительность МЭ-П строго зависит от возможностей вычислительного устройства на котором он установлен. Вследствие чего, чем более мощный узел был

выбран в качестве МЭ-П, тем меньше будут потери в производительности сети, на том участке, где он обрабатывает поступающие на него пакеты.

Для создания комплексной системы обеспечения сетевой безопасности требуется использовать МЭ каждого типа в наиболее подходящих (в местах, где их положительные стороны будут иметь наибольший эффект) для них условиях [2–5]. Так, желательно на входе в корпоративную сеть и большие участки вычислительной сети организации, устанавливать МЭ-Ф для предотвращения попадания в сеть спама и однотипно-сформированных пакетов от неизвестных источников из внешней сети (узлов). После чего, при попадании пакетов уже в саму корпоративную сеть (или ее подсеть), пакеты должны анализироваться более подробно и тщательно. Тем самым, требуется применять МЭ-А для «глубокого» анализа пакетов, по тем правилам, которые наиболее необходимы в данной конкретной подсети. После того как пакет будет проанализирован и допущен для дальнейшей отправки внутри сети, его можно проанализировать МЭ-П на отдельные (частные) угрозы (которым наиболее подвергнуты узлы в данной подсети) или же сразу отправить на окончательный узел, на котором также имеется МЭ-П, но уже предназначенный (настроенный) для обеспечения безопасности строго данного узла. Для обеспечения надежности и отказоустойчивости МЭ должны резервироваться при консолидации их ресурсов в кластеры [6–8] с учетом балансировки их нагрузки при динамическом распределении запросов [9–11].

Применение любой из рассмотренных в данной работе групп МЭ, позволяет существенно повысить сетевую безопасность организации (или ее участков). Наиболее верным решением будет использование каждой отдельной группы МЭ наряду с другой, получая больший выигрыш от их положительных сторон и минимизируя влияние их негативных сторон. Так, например, решение, показанное в схеме доступа к ресурсам внешней сети «Прямое соединение» [12], показывает возможный способ по использованию каждой из групп МЭ для достижения комплексной информационной безопасности в корпоративной сети.

Литература

1. Ingham Kenneth, Forrest Stephanie. A History and Survey of Network Firewalls // ACM Journal Name [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cs.unm.edu/~moore/tr/02-12/firewall.pdf>, своб.
2. Богатырев В.А., Фокин С.Б., Попова М.В. Оценка и выбор отказоустойчивых конфигураций межсетевых экранов // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 3 (73). – С. 139–140.
3. Bogatyrev V.A., Bogatyrev A.V. Functional Reliability of a Real-Time Redundant Computational Process in Cluster Architecture Systems // Automatic Control and Computer Sciences. – 2015. – V. 49. – № 1. – P. 46–56.
4. Богатырев В.А. Надежность вариантов размещения функциональных ресурсов в однородных вычислительных сетях // Электронное моделирование. – 1997. – № 3. – С. 21–29.
5. Воробьев А.И., Колбанёв М.О., Татарникова Т.М. Оценка вероятностно-временных характеристик процесса предоставления информационно-справочных услуг // Изв. вузов. Приборостроение. – 2014. – Т. 57. – № 9. – С. 15–18.
6. Богатырев В.А. Мультипроцессорные системы с динамическим перераспределением запросов через общую магистраль // Изв. вузов. Приборостроение. – 1985. – № 3. – С. 33–38.

7. Богатырев В.А., Богатырев А.В., Богатырев С.В. Перераспределение запросов между вычислительными кластерами при их деградации // Изв. вузов. Приборостроение. – 2014. – Т. 57. – № 9. – С. 54–58.
8. Богатырев В.А., Богатырев А.В., Богатырев С.В. Оценка надежности выполнения кластерами запросов реального времени // Изв. вузов. Приборостроение. – 2014. – Т. 57. – № 4. – С. 46–48.
9. Богатырев В.А. К распределению функциональных ресурсов в отказоустойчивых многомашинных вычислительных системах // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2001. – № 12. – С. 1–5.
10. Богатырев В.А., Богатырев С.В. Объединение резервированных серверов в кластеры высоконадежной компьютерной системы // Информационные технологии. – 2009. – № 6. – С. 41–47.
11. Bogatyrev V.A., Bogatyrev S.V., Golubev I.Yu. Optimization and the process of task distribution between computer system clusters // Automatic Control and Computer Sciences. – 2012. – V. 84. – № 3. – P. 103–111.
12. Коломойцев В.С., Богатырев В.А. Оценка эффективности и обоснование выбора структурной организации системы многоуровневого защищенного доступа к ресурсам внешней сети // Информатика и космос. – 2015. – № 3. – С. 69–77.

УДК 004.42

РЕАЛИЗАЦИЯ СОВМЕСТНОЙ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА ПЛАТФОРМЕ ОНЛАЙН-ОБУЧЕНИЯ

Д.С. Копылов

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

Работа посвящена автоматизации процесса обучения студентов работе в рамках совместной проектной деятельности путем использования платформы онлайн-обучения Open edX. Рассмотрены: опыт работы Университета ИТМО в электронном обучении, структура типичного онлайн-курса, особенности закрытого онлайн-курса. Результатом работы является разработанный модуль, представлено описание даталогической модели данных.

Ключевые слова: совместная проектная деятельность, электронное обучение, Open edX.

Введение

Актуальной задачей развития образования является внедрение современных информационных технологий. Также современный образовательный процесс трудно представить без такой формы обучения, как совместная проектная деятельность. Такая форма применяется с целью формирования у студентов социальных и междисциплинарных компетенций. Кроме того, осуществляя деятельность в микроколлективе, среди участников возникает здоровая соревновательность, которая повышает интенсивность работы, придает ей эмоциональную окраску. Совместная проектная деятельность должна приобрести для студента особую ценность, осознаваемую и признаваемую им, лишь в этом случае появляется потребность в такой деятельности, а следовательно, можно рассчитывать на получение адекватного результата от приложенных усилий.

Постановка задачи

В Университете ИТМО с 2013 года успешно реализуется проект «ИТМОcourses – открытое онлайн-обучение», в котором представлены курсы в формате MOOC (массовые открытые онлайн-курсы) [1]. Также Университет ИТМО является

соучредителем Ассоциации «Национальная платформа открытого образования», целью которой является объединение усилия вузов и предоставление возможности каждому получить качественное высшее образование онлайн [2].

Обычно MOOC-курс состоит из видеолекций, поделенных на короткие части (длительностью 5–10 мин), опросов по частям видеолекций, упражнений и различных инновационных типов заданий, например, виртуальных лабораторий [3]. Отличительной особенностью таких курсов является то, что преподаватель не участвует в проверке заданий обучающихся – они либо проверяются автоматически, либо проверяются самими обучающимися (взаимная проверка). Данные курсы размещены в системе, построенной на базе свободно-распространяемой платформы Open edX (<http://code.edx.org/>). Данная платформа позволяет интегрировать новые модули, в особенности новые типы заданий с использованием прикладного интерфейса программирования XBlock [4]. Одним из таких заданий может быть задание, в качестве результата которого обучающиеся должны представить исходный код на каком-либо языке программирования. Если такое решение обучающегося невозможно проверить автоматически, то необходима взаимная проверка.

Целью данной работы являлось повышение качества обучения студентов и оптимизация нагрузки на преподавателя за счет использования системы онлайн-обучения и системы управления проектами и задачами.

При совместной проектной деятельности для повышения производительности команды удобно использовать системы управления проектами и задачами, например, Redmine (<http://redmine.org/>). Она, как и Open edX, является свободно-распространяемой системой с открытым исходным кодом. Также Redmine позволяет подключать системы контроля версий, такие как SVN (<http://subversion.apache.org/>) или Git (<http://git-scm.com/>) и в удобном виде представлять историю изменений исходного кода.

Платформа Open edX является очень гибкой и позволяет организовывать как курсы в формате MOOC, так и в формате SPOC (закрытые онлайн-курсы). Такие курсы отличает то, что запись на них доступна не всем желающим, а определенным пользователям, например, студентам университета, обучающимся по определенной образовательной программе.

Описание модуля

Рассмотрим подход, использующий платформу Open edX и систему Redmine на примере курса в формате SPOC, посвященного разработке веб-сайта. Данный курс содержит следующие элементы:

- видеолекции, в которых дается теоретический материал;
- опросы для самоконтроля в процессе просмотра видеолекций;
- задача на разработку сайта для формирования и контроля навыков.

Элемент «Разработка веб-ресурса» представляет собой комплексную задачу, которая делится между обучающимися по данному курсу. Данная задача отображается в виде проекта в систему Redmine, в которую экспортируются задания, определенные автором курса в виде тикетов. Обучающимся предлагается разработать веб-сайт, при этом они должныделиться на группы (самостоятельно или с помощью преподавателя) и выбрать себе тикеты.

Предполагается два возможных варианта работы – обучающиеся делят между собой роли (координатор, дизайнер, верстальщик, программист) или каждый обучающийся делает определенную часть веб-ресурса, выполняя все задания (разрабатывает дизайн интерфейса, верстает HTML-страницы, программирует). В качестве результатов работы обучающиеся должны создавать исходный код и

отправлять его в систему контроля версий, ассоциируя его с определенным тикетом. В Open edX участники группы должны оценить работы своих коллег, выставив им оценку по критериям, заданным автором курса. На основании этих оценок высчитывается оценка конкретного обучающегося. При этом на вклад оценивающего влияет то, как он проходил другие виды работ, например, опросы. Чем выше общий рейтинг такого обучающегося, тем большим весом будет обладать его оценка, выставленная коллегам.

Рассмотрим даталогическую модель данных, предназначенную для хранения информации о предлагаемом типе задачи. В качестве хранилища данных используется реляционная система управления базами данных через объектно-реляционное отображение Django ORM. В таблице представлено описание таблиц и полей. Таблица даталогической модели «Пользователь» является системной таблицей в Open edX и не требует создания. На рисунке представлен пользовательский интерфейс страницы с результатом выполнения задачи.

Таблица. Описание таблиц и полей даталогической модели

Таблица	Поле	Тип	Описание
Роль	ИД	Число	Первичный ключ таблицы
	ИД блока	Строка	Идентификатор экземпляра элемента
	Название	Строка	Название роли
	Описание	Строка	Описание действий обучающегося в данной роли
Задание	ИД	Число	Первичный ключ таблицы
	Название	Строка	Название задания
	Текст	Строка	Текст задания
	ИД блока	Строка	Идентификатор экземпляра элемента
	Критерии	Строка	Критерии оценивания выполнения данного задания другими пользователями
	Балл	Число	Максимальный балл, которым пользователи могут оценить выполнение задания по критериям
	Роль	Число	Внешний ключ на поле ИД таблицы Роль, может быть пустым
Проект	ИД	Число	Первичный ключ таблицы
	Название	Строка	Название проекта
	ИД блока	Строка	Идентификатор экземпляра элемента
	Описание	Строка	Описание проекта, заполняется обучающимися
Участник	ИД	Число	Первичный ключ таблицы
	Роль	Число	Внешний ключ на поле ИД таблицы Роль, может быть пустым
	Проект	Число	Внешний ключ на поле ИД таблицы Проект
	Пользователь	Число	Внешний ключ на поле ИД таблицы Пользователь
Тикет	ИД	Число	Первичный ключ таблицы
	Участник	Число	Внешний ключ на поле ИД таблицы Участник
	Задание	Число	Внешний ключ на поле ИД таблицы Задание
	Выполнен	Бинарное	Показывает, что данный пользователь выполнил данный тикет
Оценка	ИД	Число	Первичный ключ таблицы
	Тикет	Число	Внешний ключ на поле ИД таблицы Тикет
	Балл	Число	Выставленная оценка
	Утверждена	Бинарное	Оценка утверждена и может учитываться при расчете рейтинга обучающегося
	Участник	Число	Внешний ключ на поле ИД таблицы Участник. Участник, который выставил данную оценку
	Комментарий	Строка	Комментарий участника

РАЗРАБОТКА ВЕБ-РЕСУРСА "МОЙ УНИВЕРСИТЕТ"			
О проекте	Распределение участников	Выполнение проекта	Результат выполнения
	<ul style="list-style-type: none"> • Команда 1 <ul style="list-style-type: none"> • Иванов И.П., итоговая оценка: 4,9 • Петров С.К., итоговая оценка: 4,7 • Команда 2 <ul style="list-style-type: none"> • Сидоров Ф.Р., итоговая оценка: 5 • Смирнов Е.В., итоговая оценка: 4,7 • Ежов Г.М., итоговая оценка: 4,1 		

Рисунок. Итоговые оценки обучающихся

Заключение

В результате выполнения данной работы разработан программный модуль XBlock для системы Open edX, который позволяет использовать платформу онлайн-обучения в рамках совместной проектной деятельности. В дальнейшем планируется проведение апробаций и исследование поведения обучающихся в реальном учебном процессе.

Литература

1. Лямин А.В., Чежин М.С. Развитие электронного обучения, дистанционных образовательных технологий в НИУ ИТМО // Информационная среда вуза XXI века: материалы VII Международной научно-практической конференции. – 2013. – С. 145–148.
2. Национальная платформа открытого образования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://proed.ru>, своб.
3. Копылов Д.С., Тихонов Д.О., Лямин А.В. Технологии разработки мультимедиа курсов // Информационная среда вуза XXI века: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции. – 2013. – С. 189–191.
4. XBlocks | Open edX | Open Courseware Development Platform [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://open.edx.org/xblocks>, своб.

УДК 004.7

АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ УСТРОЙСТВ СЕНСОРНОЙ СЕТИ, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ АТАКЕ ТИПА «ОТКАЗ В ОБСЛУЖИВАНИИ»

В.М. Коржук

Научный руководитель – д.т.н., доцент И.С. Лебедев

В современном мире беспроводные самоорганизующиеся сенсорные сети приобретают все большую популярность в силу простоты использования, надежности передачи данных и относительно невысокой стоимости. На данной технологии основаны такие системы, как, например, «умный дом». Изучение влияния различных факторов на данные сети является одной из приоритетных задач в данной области. Одним из важнейших направлений является изучение атак различного типа и особенностей поведения сетей во время и после проведения таких атак. В работе рассмотрено влияние на сенсорную сеть комбинированной атаки, направленной на истощение энергетических ресурсов устройства с целью определения отклонения от нормального поведения с помощью статистического анализа и интервальной шкалы измерений.

Ключевые слова: информационная безопасность, сенсорная сеть, атака типа «отказ в обслуживании».

Введение

На сегодняшний день большая часть всех сфер жизнедеятельности человека так или иначе связана с компьютерами и сетевыми технологиями, одной из которых является беспроводная сенсорная сеть.

Наибольшее распространение получил стандарт ZigBee – он предназначен для радиочастотных устройств с более продолжительной работой от автономных источников питания, безопасностью передачи данных по сети, относительной простотой и невысокой стоимостью.

Однако не всегда у разработчиков аппаратного и программного обеспечения есть возможность создать идеальное конечное устройство, из-за чего могут возникать уязвимости в безопасности. Одной из актуальных задач является обеспечение помехоустойчивости сети, а также стойкости устройств такой сети к различным атакам.

Исходя из этого, видится необходимость в анализе поведения устройств, подвергающихся атакам со стороны злоумышленников, и устройств, которые подвержены влиянию естественных помех, таких как, например, беспроводные радиотелефоны или СВЧ-печи, работающие на той же частоте, что и конечное устройство.

Целью работы явилось осуществление возможных атак типа «Отказ в обслуживании» с целью определения аномального поведения устройств сенсорной сети.

Анализ поведения устройств сенсорной сети, подвергающихся атаке типа «отказ в обслуживании»

Для выбора метода анализа данных необходимо обратиться к цели исследования. Цель работы является проведение анализа аномального поведения модулей Telegesis ETRX357, которые подвергаются атаке типа «Отказ в обслуживании».

Аномальным поведением в данном случае можно назвать любое отклонение работы устройства от его работы при нормальных условиях, указанных разработчиком аппаратного обеспечения. В связи с тем, что в качестве атаки была выбрана комбинированная атака, направленная на истощение энергетических ресурсов устройства, то определить отклонения от нормы поможет статистический анализ и интервальная шкала измерений.

В качестве основной исследуемой переменной выбрана сила тока. Измерения проводились на контактах GND и PC5, указанных на рис. 1.

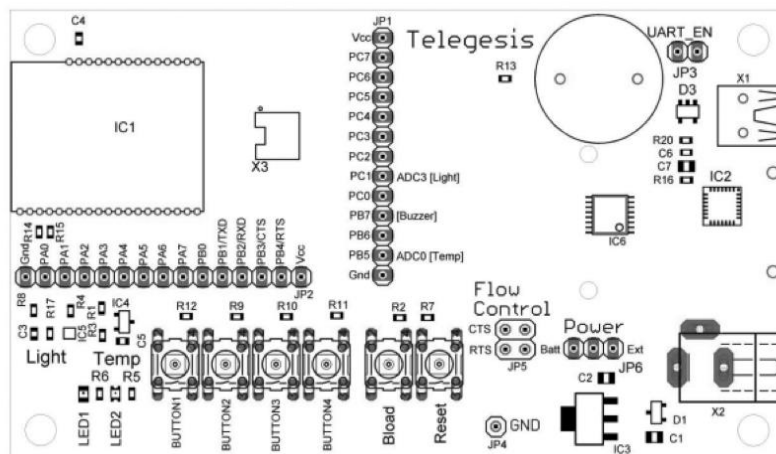


Рис. 1. Схема расположения контактов на плате разработчика

Для получения показаний силы тока на указанных контактах необходимо провести некоторые подготовительные процедуры. Прежде всего, был осуществлен перевод модуля ETRX357 из маршрутизаторов (FFD) в конечные устройства (SED)

посредством изменения значения регистра S0A, равное 0x4000. Далее в документации указано, что для получения показаний силы тока, потребляемой радиоконтуром в активном (передающем) режиме, необходима программная настройка вывода на контакт PC5. Для этого необходимо переконфигурировать регистр S13, отвечающий за конфигурацию контактов ввода и вывода. Значение регистра по умолчанию составляет 0x00000600 – 32-битное шестнадцатеричное число. Параметр каждого бита числа указан в табл. 1.

Таблица 1. Параметры конфигурации каждого бита

Номер бита	Параметр конфигурации	Значение
21	Включение TX_Active	1
17	Подача питания на PC1 (Датчик освещенности)	1
15	Подача питания на PB7 (Динамик)	0
14	Подача питания на PB6	0
13	Подача питания на PB5 (Температурный датчик)	1
10	Включение RXD ввода	1
9	Включение TXD вывода	1
31-22,20-18,16,12, 11,7 - 0	Зарезервированы для последующих обновлений	0

При активации TX_Active можно снимать показания силы тока, потребляемой радиоконтуром при его работе.

Управление устройством осуществляется при помощи AT-команд, отправляемых либо с координатора сети (COO), либо с модуля, обладающего функциями маршрутизатора. Интерфейс программы представлен на рис. 2.

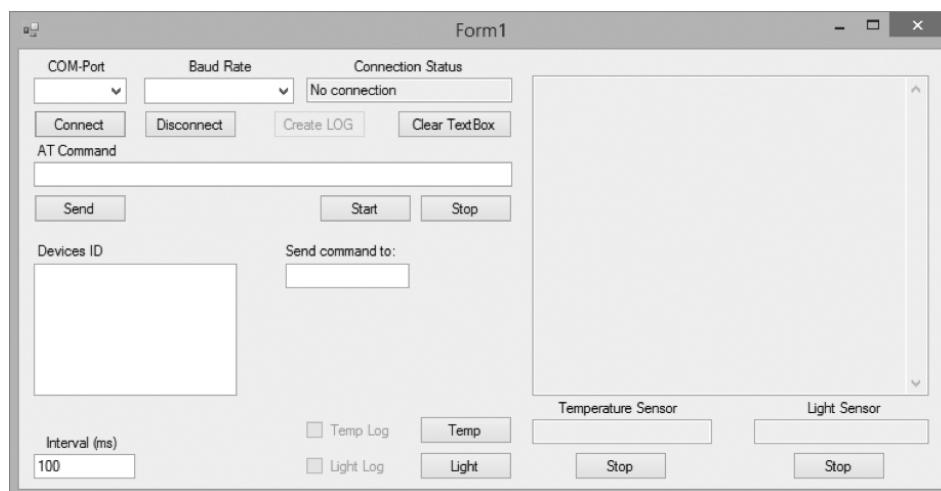


Рис. 2. Интерфейс программы для управления модулями ETRX357

Осуществив все необходимые приготовления, была проведена атака, результаты которой можно видеть в табл. 2. План проведения атаки:

1. получаем значения силы тока, потребляемой трансивером в спящем режиме;
2. начинаем отправку запросов на модуль. Интервал отправки сообщений устанавливаем на 1000 мс;
3. считываем показания силы тока на контактах GND и PC5;
4. просматриваем логи на наличие поврежденных пакетов и определяем процент потерь данных;
5. повторяем выполнение пунктов 1–4 с последовательной заменой значений интервала отправки на 250, 50 и 10 мс;
6. заносим все полученные данные в табл. 2.

Таблица 2. Данные, полученные в ходе осуществления атаки

Контакты	Состояние устройства	Сила тока, мкА			Интервал отправки команд, мс
		Мин.	Средн.	Макс.	
GND, PC5	Спящий режим, периодическая отправка сообщений маршрутизатору	0	1,5	3	Команды не отправляются
GND, PC5	Отправка запросов (слабая интенсивность отправки сообщений)	1	73	187	1000
GND, PC5	Отправка запросов (средняя интенсивность отправки сообщений)	13	211	400	250
GND, PC5	Отправка запросов (высокая интенсивность отправки сообщений)	23	451	930	50
GND, PC5	Отправка запросов (крайне высокая интенсивность отправки сообщений)	1700	1750	1800	10

Разработанная программа также способна отображать получаемые значения датчиков освещенности и температуры. В табл. 3 представлены приблизительные значения потерь данных в зависимости от интервала отправки сообщений с запросами.

Таблица 3. Потери данных в зависимости от интервала отправки команд

Интервал отправки сообщений, мс	Количество полученных пакетов, %
0	100
1000	100
250	~100
50	~85–90
10	0

На рис. 3 представлен вид лога принимаемых сообщений при интервале отправки запросов, равным 10 мс.

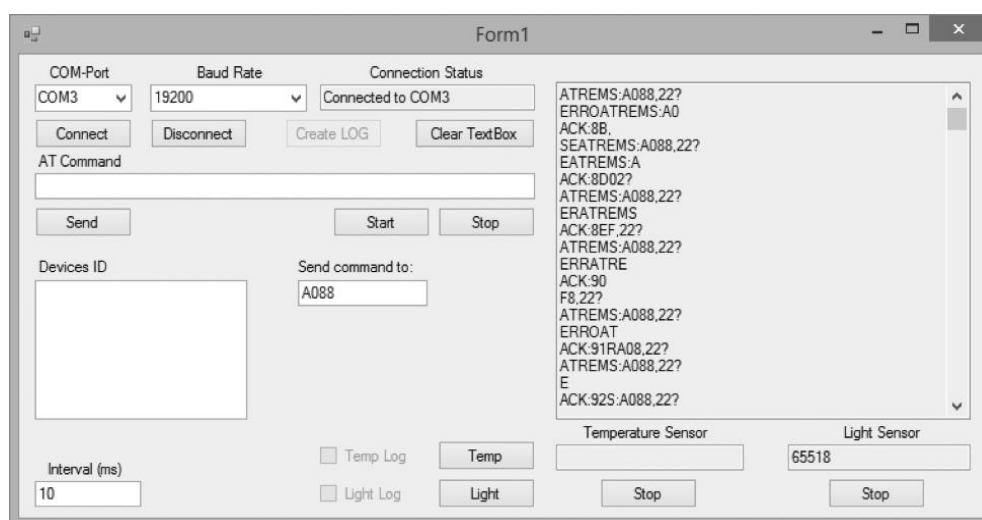


Рис. 3. Ответы опрашиваемого модуля при интервале, равном 10 мс

Как можно заметить, модуль не успевает обрабатывать получаемые запросы, что приводит к чрезмерно высоким потерям энергоресурсов и низкому проценту получаемых данных, что является, скорее всего, результатом активации механизма восстановления пакетов.

Для более наглядного отображения полученных результатов были созданы графики, представленные на рис. 4.

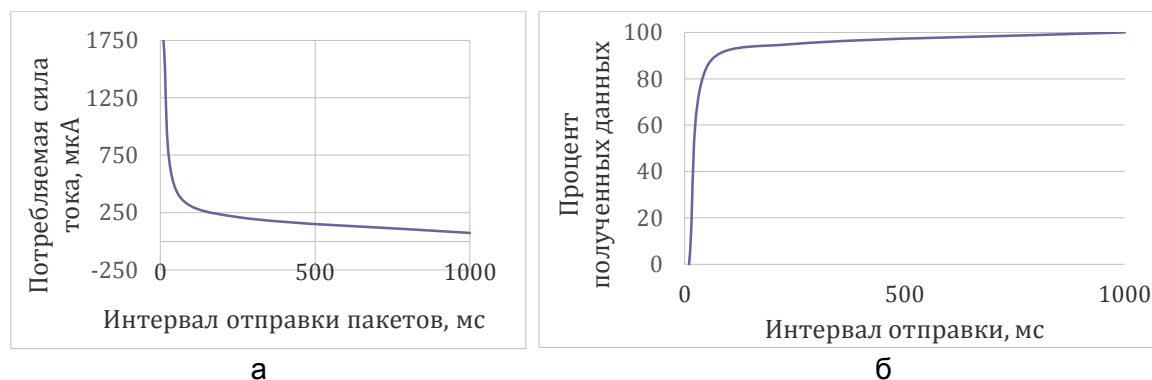


Рис. 4. Графики зависимости: силы тока, потребляемой контуром, от интервала отправки запросов (а); процента полученных данных от интервала отправки запросов (б)

Благодаря графикам и полученным данным можно увидеть, что чрезмерное увеличение количества отправляемых сообщений приводит к тому, что энергопотребление устройства увеличивается приблизительно в 30 раз, а процент получаемых данных от модуля стремится к 0, что является явным отклонением от нормальных значений потребляемой силы тока и процента потерь пакетов при осуществлении запросов данных определенных регистров.

Заключение

По результатам работы было выявлено, что поведение модулей Telegesis ETRX357, подвергающихся атаке типа «Отказ в обслуживании», достаточно сильно отличается от функционирования подобных устройств в нормальных условиях по нескольким показателям:

- энергопотребление трансивера в периоды получения большого количества запросов данных;
- процент потери данных в периоды получения большого количества запросов.

В процессе анализа поведения модулей Telegesis ETRX357 была разработана программа для управления этими модулями, что позволило осуществить атаку типа «Отказ в обслуживании», состоящую из нескольких разновидностей подобной атаки, отображенных в классификации:

- флуд;
- истощение ресурсов модуля;
- подмена некоторых программных особенностей реализации устройства посредством прямого физического контакта с модулем.

В дальнейшем работа в данной области будет продолжена. В табл. 4 приведены изучаемые автором атаки на конечные устройства сенсорных сетей и методы защиты от них.

Таблица 4. Исследуемые атаки

Уровень протокола	Атака	Защита
Физический (РНУ)	Постановка радиочастотных помех	Спящий режим, смена частот вещания
	Уничтожение узлов	Маскировка узлов/ предохранительная упаковка

Уровень протокола	Атака	Защита
MAC-уровень (уровень управления доступом к среде)	Отказ от спящего режима («Допрос»), истощение ресурсов	Спящий режим, аутентификация и защита от повторного использования ранее отосланных пакетов
Сетевой	Спуфинг, повторное воспроизведение	аутентификация и защита от повторного использования ранее отосланных пакетов
	Hello Flood	Маршрутизация с учетом географического расположения узлов сети
Транспортный	SYN-флуд	SYN-cookies
	Атака типа десинхронизации	Аутентификация пакетов
Прикладной	DoS-атака основанная на пути	Аутентификация и защита от повторного использования ранее отосланных пакетов
	Атаки перепрограммирования	

Литература

1. Реализация беспроводных сетей на основе технологии ZigBee стандарта 802.15.4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/05_02/stat_160.htm, своб.
2. IEEE 802.15.4 и его программная настройка ZigBee [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.telemultimedia.ru/art.php?id=292>, своб.
3. Энциклопедия АСУ ТП:2 / Промышленные сети и интерфейсы: 2.11 Беспроводные локальные сети [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.bookasutp.ru/Chapter2_11_2.aspx, своб.
4. Балонин Н.А., Балонин Ю.Н., Сергеев М.Б. Персональные сети WPAN на основе ZigBee. Методические указания по выполнению лабораторных работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://guar.ru/guar/kaf44/trud/balonin_baloniv_sergeev_ps.pdf, своб.
5. Балонин Н.А., Сергеев М.Б. Беспроводные персональные сети. Учебное пособие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://guar.ru/guar/kaf44/trud/balonin_sergeev_bps.pdf, своб.
6. A Taxonomy for Denial-of-Service Attacks in Wireless Sensor Networks – Электрон. текстовые дан. и граф. дан. (1 файл : 245 760 байт) – электрон. жесткий магнитный диск.
7. Penetration of ZigBee-based wireless sensor networks – Электрон. текстовые дан. и граф. дан. (1 файл : 208 896 байт) – электрон. жесткий магнитный диск.
8. Analysis of the WSN MAC Protocols under Jamming DoS Attack – Электрон. текстовые дан. и граф. дан. (1 файл : 372 736 байт) – электрон. жесткий магнитный диск.
9. ANALYSIS OF DENIAL OF SERVICE (DOS) ATTACKS IN WIRELESS SENSOR NETWORKS – Электрон. текстовые дан. и граф. дан. (1 файл : 376 832 байт) – электрон. жесткий магнитный диск.
10. ETRX357DVK – TELEGENESIS DEVELOPMENT KIT FOR ZIGBEE® TECHNOLOG – Электрон. текстовые дан. и граф. дан. (1 файл : 2 187 264 байт) – электрон. жесткий магнитный диск.
11. Protection Against Denial of Service (DoS) Attacks in Wireless Sensor Network – Электрон. текстовые дан. и граф. дан. (1 файл : 2 238 764 байт) – электрон. жесткий магнитный диск.

12. Considerations on Security in ZigBee Networks – Электрон. текстовые дан. и граф. дан. (1 файл : 218 264 байт) – электрон. жесткий магнитный диск.

УДК 504.06+338.1

ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАТРАТ ПРИ ВЫБОРЕ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ: ЕВРОПЕЙСКИЙ ОПЫТ

Т.С. Кочегарова

Научный руководитель – д.э.н., профессор В.Л. Василёнок

Наилучшие доступные технологии в современном мире предстают в качестве панацеи от экологического бедствия. Особое значение при выборе и внедрении наилучших доступных технологий имеет решение проблемы определения одной из конкурирующих технологий в качестве лучшей. Безусловно, самый важный и решающий критерий в данном вопросе – характеристика затрат, связанных с приобретением и установкой таких технологий. В работе описываются категории затрат, необходимых для внедрения наилучших доступных технологий, приводятся основные этапы оценки затрат, а также принципы сравнения альтернативных технологий.

Введение

Правовые основы природоохранного нормирования современной России во многом нацелены на экологическую модернизацию экономики, уменьшение негативного воздействия на окружающую среду и внедрение на промышленные предприятия наилучших доступных технологий – НДТ (Best Available Technologies, BAT), с целью достижения экологической эффективности. НДТ в данном случае выступает в качестве инструмента, который может быть использован для формирования социально-эколого-экономической платформы, обеспечивающей переход промышленных предприятий и других хозяйственных субъектов на модель устойчивого развития.

В июле 2006 года в рамках программы Европейской комиссии Европейским бюро по комплексному предотвращению и контролю загрязнений окружающей среды был разработан горизонтальный справочный документ по НДТ «Reference Document on Economics and Cross-Media Effects». Настоящий документ был разработан для определения НДТ в соответствии с Директивой 96/61/ЕС «О комплексном предупреждении и контроле загрязнения» [1] с учетом возможных затрат и выгод, которые могут быть получены в результате реализации природоохранных мероприятий.

Данный документ позднее был переведен на русский язык Проектом «Гармонизация экологических стандартов ГЭС II, Россия» в рамках Программы сотрудничества ЕС – Россия по согласованию с Европейской комиссией. Название справочного документа на русском звучит как «Экономические аспекты и вопросы воздействия на различные компоненты окружающей среды».

Основная часть

В словосочетании наилучшие доступные технологии, слово «доступные» говорит о необходимости учета затрат на внедрение технологии, а также оценки экономических выгод ее внедрения. Обычно затраты на внедрение технологий делят на капитальные (т.е. постоянные), эксплуатационные (переменные или годовые) и прочие затраты.

К капитальным затратам относятся в первую очередь затраты, связанные с установкой оборудования или сооружения. В данную категорию включают затраты на разработку проекта, планирование работ, возможно, приобретение земельного участка, а также его подготовка, подготовка зданий (в том числе: фундамент, монтаж,

электросети, трубопроводы и др.). Также к постоянным затратам относят затраты на запуск оборудования и вывод из эксплуатации. В Европейском Союзе капитальные затраты также могут учитывать производственные потери в период замены оборудования и временной остановки производства [2].

Непосредственно затраты на само средозащитное оборудование также входят в категорию капитальных затрат. Здесь можно выделить затраты на технологии и оборудование, на приборы, осуществляющие мониторинг производительности НДТ в отношении улавливания и извлечения загрязняющих веществ, а также затраты на вспомогательное оборудование, инструменты и сопутствующие расходы.

Любое производство имеет свои особенности, поэтому всегда возникают непредвиденные расходы. Непредвиденные расходы существуют всегда, однако их очень сложно детально определить, и, соответственно, добавить в смету затрат не представляется возможным. Тем не менее, по мере реализации проекта статьи затрат становятся более прозрачными, что сокращает величину непредвиденных расходов.

Следующая категория затрат – эксплуатационные затраты и затраты на технологическое обслуживание оборудования. Сюда, как правило, относят затраты на энергоносители (электрическая энергия, нефтепродукты, природный газ, уголь или другие виды твердого топлива), затраты на материалы и услуги (замена деталей, вспомогательные средства), а также затраты на оплату труда. Существуют также фиксированные эксплуатационные расходы, к которым относятся затраты на ремонт оборудования, страховые премии, резервные отчисления, аварийные работы и другие общие накладные расходы.

Прочие затраты требуют отдельной идентификации. К прочим затратам чаще всего относят налоги и субсидии, а также косвенные затраты, связанные с изменением рыночного спроса, выпуска продукции и т.д. Внешние издержки также входят в прочие затраты. Прочие затраты еще связаны с оплатой проведения оценки эффективности затрат на осуществление мероприятия.

Необходимо отметить, что при внедрении НДТ предприятия также могут получать прибыли в виде предотвращенных издержек. Это может быть, например, экономия некоторых ресурсов, вспомогательных материалов (воды, различных реагентов и пр.), услуг, трудовых затрат, энергетических затрат и др. Кроме того, к таким доходам можно отнести продажу очищенных сточных вод для дальнейшего использования их в различных целях, продажу произведенной электроэнергии, золошлаковых отходов для производства строительных материалов. Такие прибыли также должны учитываться при оценке эффективности внедрения технологий.

Большое количество существующих категорий затрат обуславливает необходимость выявления методологии расчета затрат с целью адекватного сравнения затрат на внедрение альтернативных технологий. Необходимым условием получения данных о затратах, а также их последующая обработка, является абсолютная прозрачность, которая не позволит допустить никаких искажений при оценке сопоставимых вариантов.

Как было ранее отмечено Европейским бюро по комплексному предотвращению и контролю загрязнений окружающей среды был разработан справочный документ для определения методологии исчисления затрат и выгод, возникающих при внедрении НДТ. Данная методология расчета затрат устанавливает алгоритм определенных действий, которые позволяют собрать и проанализировать данные о капитальных и эксплуатационных затратах, необходимых для внедрения наилучших доступных технологий. Последовательный подход позволяет провести сравнительный анализ альтернативных технологий независимо от источника информации, например, данные получены от различных компаний, различных отраслей промышленности. Основные этапы оценки приведены на рис. 1.

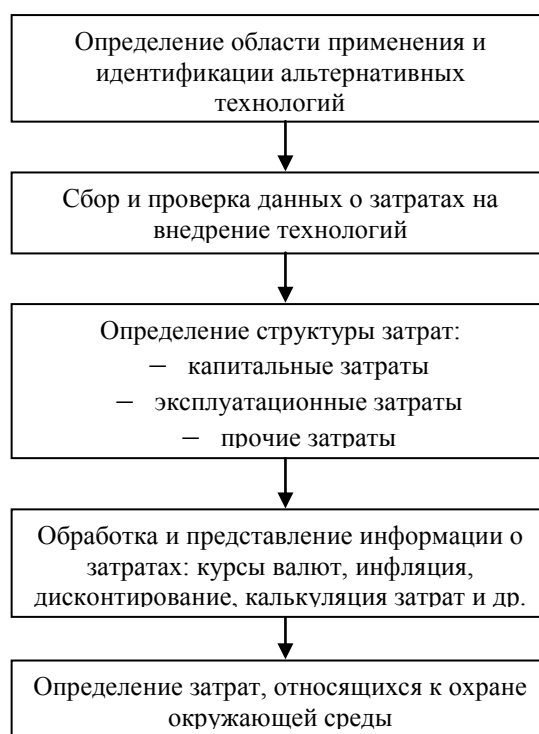


Рис. 1. Этапы методологии оценки затрат [2]

На первом этапе определения области применения и идентификации альтернативных технологий должны быть установлены «границы» проводимой оценки технологий, с учетом ограниченности оценки рамками процесса по комплексному предупреждению и контролю загрязнения.

Этап сбора и проверки данных о затратах на внедрение технологии помогает пользователю пройти все этапы, необходимые для сбора информации, анализа и обоснования, учитывая любую неопределенность в данных.

Определение структуры затрат устанавливает состав затрат, которые должны быть включены или исключены из оценки. При оценке результатов данный этап весьма полезен для лица, которое принимает решение, так как позволяет понять структуру затрат и статьи, на которые затраты были отнесены: капитальные или эксплуатационные затраты. Именно на данном этапе требуется максимальное достижение прозрачности результатов для обеспечения эффективности выполнения процедуры структурирования затрат.

Следующий этап излагает процедуры по обработке и представлению информации о затратах. Здесь необходимо принять во внимание норму дисконтирования и годовую процентную ставку, полезный срок службы оборудования и ценность лома, образующегося в конце жизненного цикла оборудования.

Последний этап устанавливает различия между затратами на охрану окружающей среды и другими затратами, например, затратами на модернизацию процесса или затратами на повышение эффективности производства [2].

Таким образом, приведенная методология позволяет оценить затраты структурировано и детализировано. Для того чтобы альтернативные технологии впоследствии можно было сравнить, необходимо выбирать обоснованные методы, которые будут приемлемы для той или иной технологии.

Однако предлагаемая методология не является исчерпывающим способом определения наиболее эффективной технологии. Для полноценности выводов о перспективе внедрения НДТ на предприятиях необходимо проводить дополнительные расчеты эффективности и целесообразности. Анализ экономической эффективности

наиболее распространенный метод, применяемый при планировании или реализации проектов, в том числе в рамках экологической политики. Евро можно потратить только один раз, что в контексте экологической политики означает – цель состоит в достижении наиболее высоких экологических результатов за каждый евро, который инвестируют в природоохранных целях.

Наиболее приемлемый способ сравнения затраты на реализацию мероприятия и извлекаемые выгоды состоит в представлении их в денежной форме. Другой вариант – сравнение методом анализа затрат и выгод (cost benefit analysis – CBA). Соответственно, если сравнение показывает, что выгоды перевешивают затраты, то мероприятие достойно инвестиций. В случае если различные варианты дают положительные результаты, тогда мероприятие с самым лучшим соотношением «цена-качество» будет признано наиболее эффективным к внедрению. Но у такого подхода есть и свои минусы: анализ требует большого количества данных, и некоторые выгоды сложно представить в денежном выражении.

Общая схема методики оценки НДТ с точки зрения экономической целесообразности их внедрения и их комплексного воздействия на окружающую среду представлена на рис. 2.

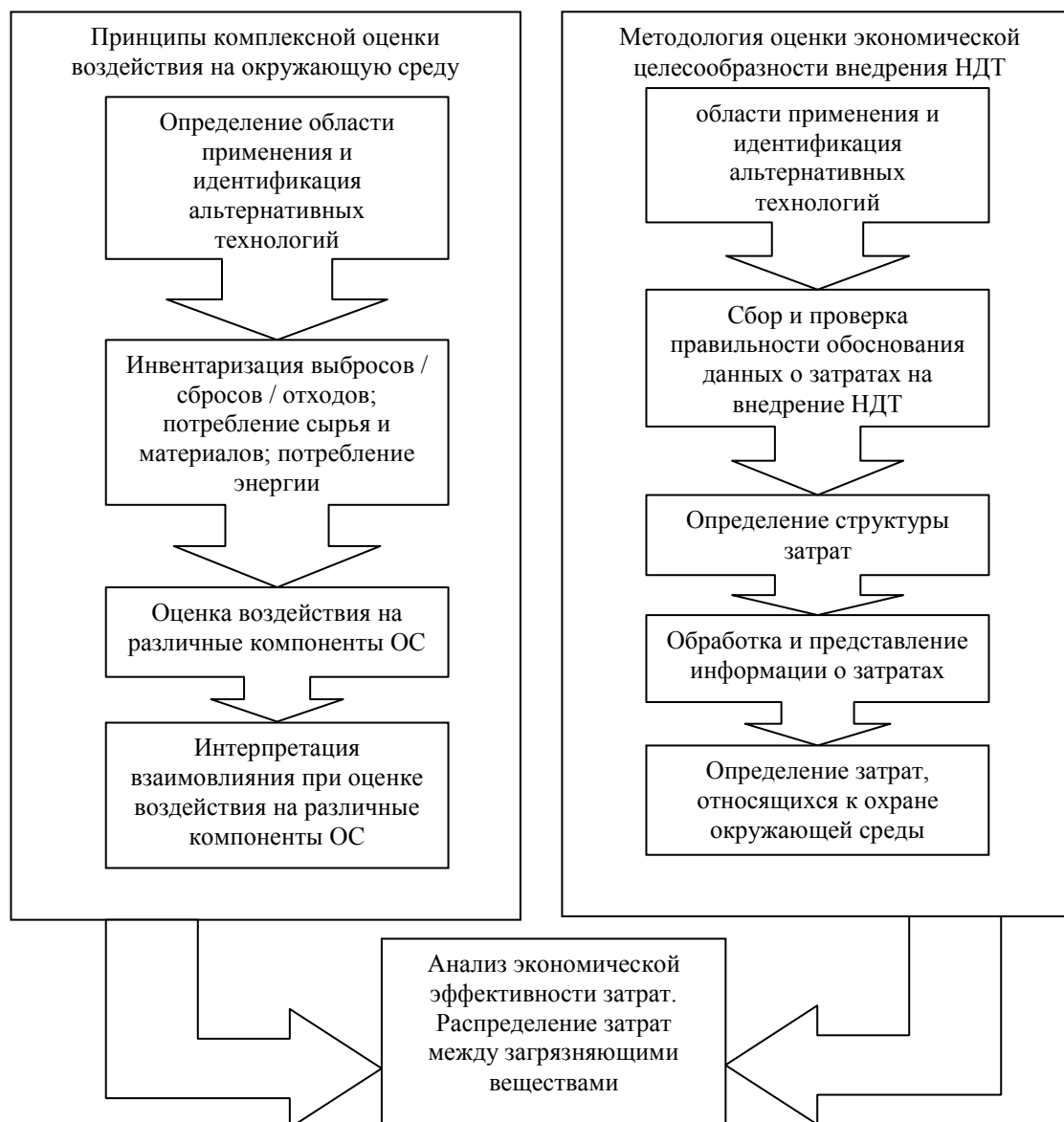


Рис. 2. Оценка и сравнение альтернативных технологий [2]

По мнению автора для обеспечения полноты получаемой информации, необходимо определение показателя снижения затрат на единицу сокращения выброса, который определяется по формуле [2]:

$$\text{Показатель снижения затрат} = \frac{\text{Годовые затраты}}{\text{Сокращение выбросов (сбросов)}}. \quad (1)$$

При определении НДТ расчет показателя снижения затрат на единицу сокращения выброса позволяет ранжировать альтернативные технологии по мере ее увеличения и помогает исключить необоснованно дорогие технологии в соотношении к выгоде от предотвращения экологического ущерба. Технология с минимальным значением показателя снижения затрат на единицу сокращения выброса признается наилучшей.

Заключение

Таким образом, анализ оценки эффективности альтернативных наилучших доступных технологий представляет собой структурированную методику, которая включает определение категорий затрат на внедрение технологий и их величину, учитывает предполагаемую экономию и получение прибыли от внедрения, в конечном итоге определяя наиболее экологически чистую технологию для внедрения.

В отечественной практике данная методика может быть применена в качестве основы для принятия решения о выборе наилучшей доступной технологии, однако нужно учитывать особенности природных условий, а также уровень развития российской индустрии.

Литература

1. Директива Совета Европейского Союза 96/61/ЕС от 24 сентября 1996 г. о комплексном предотвращении и контроле загрязнений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.law.edu.ru/norm/norm.asp?normID=1375085>, своб.
2. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям. Экономические аспекты и вопросы воздействия на различные компоненты окружающей среды. – Европейская комиссия, 2006. – 223 с.

УДК 621.373.535

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОСТРУКТУР ЛАЗЕРНЫМИ МЕТОДАМИ

Е.В. Кузьмин

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Г.Д. Шандыбина

В последние годы одной из наиболее изучаемых областей оптики стало исследование поверхностных электромагнитных волн (ПЭВ). ПЭВ возбуждаются в широком диапазоне частот на границе раздела конденсированной среды с воздухом или прозрачным диэлектриком. Основное условие для возбуждения – действительная часть диэлектрической среды должна быть отрицательна ($\text{Re } \varepsilon = \varepsilon' < 0$). Длина распространения волны вдоль поверхности может достигать сантиметров и оказывается весьма чувствительной к состоянию поверхности и его изменениям, к наличию адсорбированных слоев, тонких пленок, шероховатости и т.п. В настоящее время большинство сенсорных исследований на базе поверхностных плазмонов основаны не на спектроскопическом определении плазмонного резонанса в частице, а на анализе распространяющихся на границе металл/воздух поверхностных плазмон-поляритонов. При изменении поверхности можно добиться связывания со специальным реагентом,

путем изменения показателя преломления верхнего металлического слоя, и, следовательно, дисперсионного соотношения распространяющихся поверхностных плазмон-поляритонов. Таким образом, измеряя изменения условия фазовой синхронизации можно отслеживать образование связей. Регистрация изменения условия фазовой синхронизации проводится по изменению угла, либо длины волны. В сенсорных устройствах возбуждения поверхностных плазмон-поляритонов световыми лучами проводятся по технологиям решеточного или призмного ввода излучения. Усовершенствования сенсорных датчиков можно достичь, если учесть, что в условиях призмного возбуждения, фаза отраженного поля изменяется с изменением условия фазовой синхронизации для возбуждения поверхностных плазмон-поляритонов. Так, если применить ТЕ- и ТМ-составляющие излучения в качестве входного луча, то чувствительность сенсорного устройства существенно возрастет. В работе [1] сообщается об использующем рассмотренный принцип высокочувствительном устройстве, которое способно регистрировать изменения показателя преломления порядка $2 \cdot 10^{-7}$.

В последние годы в ряде работ рассмотрено создание биосенсоров для проведения высокочувствительного биохимического анализа. Биосенсоры позволяют проводить качественный и количественный анализ в реальном времени с минимальной дополнительной подготовкой анализируемого материала. К характерным особенностям биосенсоров относятся: высокая специфичность и чувствительность, быстрый отклик, малая вероятность ошибки, безопасность в использовании и возможность массового производства. Это обуславливает применение биосенсоров в областях, где требуется быстрое получение предварительной информации о химическом составе анализируемого объекта, – в медицине, в системах безопасности, для эколого-аналитического контроля, в производстве.

Наиболее широкое распространение получили оптические биосенсоры [2, 3], что связано с возможностью их применения для детектирования очень малого количества вещества, а также с тем, что они могут быть адаптированы к анализу и детектированию большой номенклатуры различных биологических и химических объектов. В последние годы в этом направлении лидирующие позиции занимают биосенсоры, действие которых основано на эффекте поверхностного плазмонного резонанса (ППР). Необходимо отметить, что в конструкциях биосенсоров для возбуждения поверхностных плазмонов наиболее часто применяется призмная схема Кречмана [2, 4].

Работа биосенсоров основана на явлении ППР – резком уменьшении отражения света от поверхности объекта, вызванным уравниванием волнового вектора среды и волнового вектора падающего света. ППР проявляется в резком падении интенсивности отраженного света, которая достигает своего минимума на определенном угле, называемом резонансным углом.

В биосенсорах для исследования межмолекулярных взаимодействий на тонкую золотую пленку наносится мономолекулярный слой рецептора, представляющий собой слой органических молекул, избирательно взаимодействующий с частицами, концентрация которых измеряется. Когда анализируемые молекулы (аналит) присоединяются к молекулам рецептора, создаваемое рецептором электрическое поле на поверхности металла изменяется, что приводит к смещению резонансного угла. Чем больше молекул присоединиться к рецепторному слою (зависит от концентрации анализируемого раствора и кинетики процессов взаимодействия), тем сильнее будет сдвиг резонансного угла.

Существующие промышленные установки, способные проводить биоанализ, (BIAcore, Affinity Sensors, Artificial Sensing Instruments) очень похожи и отличаются лишь методом генерации затухающих полей. К положительным качествам

промышленных решений можно отнести высокую скорость работы (до 5 мин на промер кривой), высокую стабильность результатов и простоту в работе. Отрицательное качество таких систем – чрезвычайно высокая стоимость, без существенного выигрыша в разрешении.

Альтернативой промышленным установкам являются «упрощенные» сенсоры. Конструкция такого биосенсора предполагает максимальное упрощение и удешевление конструкции и, как следствие, отказ от дорогостоящих ювет и сложной электроники. В результате остается минимальный набор компонентов, необходимый для создания установки (рис. 1).

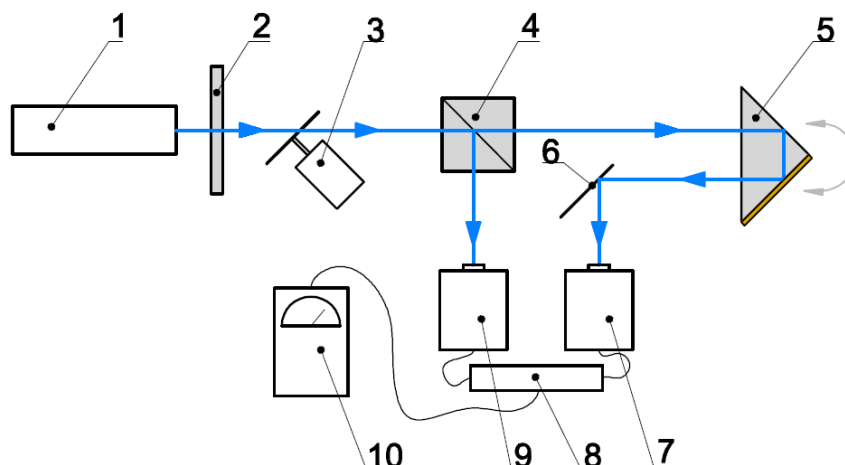


Рис. 1. Схема установки для возбуждения поверхностных плазмонов: 1 – лазер; 2 – светофильтр; 3 – модулятор; 4 – полупрозрачное зеркало, разделяющее луч на два пучка; 5 – призма, установленная на угловую подвижку; 6 – зеркало, направляющее излучение на фотоприемник ФП1; 7 – фотоприемник ФП1; 8 – синхронный детектор; 9 – фотоприемник ФП2; 10 – осциллографическая приставка Velleman HPS-40

При проведении измерений выполняется поворот призмы и отслеживается изменение интенсивности отраженного света. Результатом является кривая отражения для разных углов поворота призмы (рис. 2).

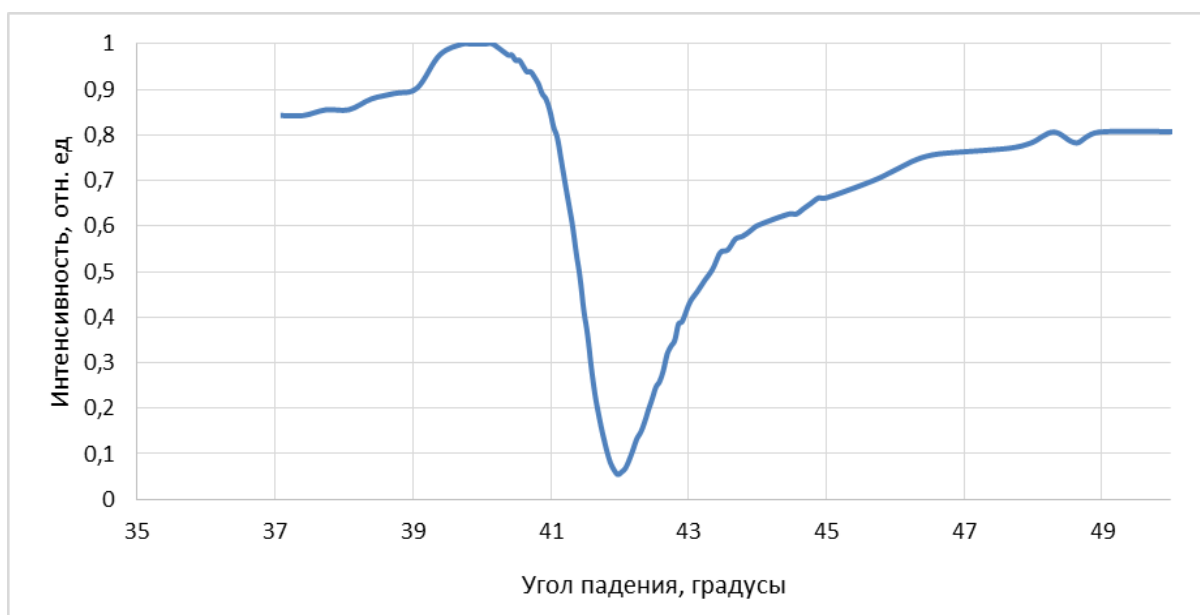


Рис. 2. Кривая отражения золотой пленки, полученная на установке

На кривой отражения можно отметить несколько областей (рис. 3), позволяющих сделать вывод о параметрах сред, задействованных в оптическом процессе.

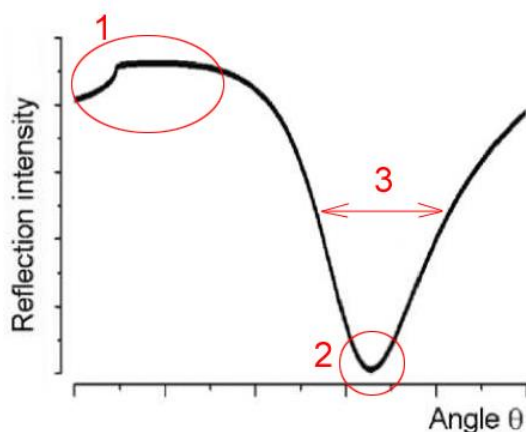


Рис. 3. Критические области на кривой ППР: кривая 1 – угол полного внутреннего отражения; кривая 2 – угол плазмонного резонанса; кривая 3 – ширина полумаксимума

Из-за своей простоты, установка легка в освоении для студентов и позволяет проводить высокоточные измерения (точность промера кривой – 0,01). Однако установка предназначена для исследования поверхностного плазмонного резонанса на тонких пленках, напыленных на пластину из стекла, и при переходе к биоструктурам (обычно жидким) возникает необходимость закрепить образец на вертикально стоящей золотой пленке. Решение этой проблемы подразумевает изменения, делающие установку громоздкой и трудно настраиваемой. Также одна из отрицательных черт существующей установки – большое количество времени, требующееся на промер одной кривой. Необходимость ручного поворота призмы и считывание данных осциллографа занимает значительное время, за которое могут произойти изменения в биоструктурах.

Как решение вышеназванных проблем предлагается новая схема для биологического сенсора (рис. 4).

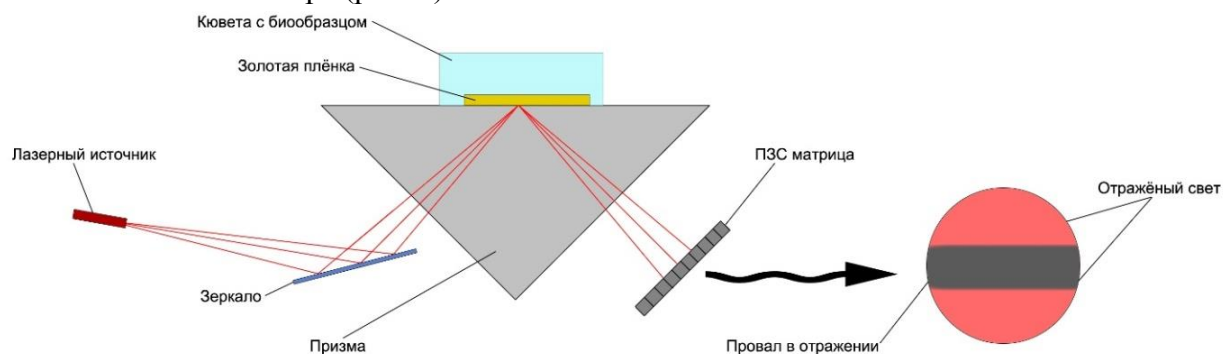


Рис. 4. Схематичное изображение «нового» биосенсора

При таком расположении элементов кювета с образцом располагается на горизонтальной призме, что делает возможным как анализ газообразных, так и жидких сред. В предлагаемой схеме нет необходимости поворачивать призму и отслеживать данные на осциллографе, так как облучение образца происходит не одиночным лучом, а конусообразным пучком.

При падении такого пучка, состоящего из одинарных лучей, падающих на золотую пленку под разными углами, для определенных углов будет происходить генерация поверхностных плазмонов, а значит, на таких углах свет, отражаемый в приемник (ПЗС-матрицу) будет слабее, чем на углах, не вызывающих генерацию. Как результат на ПЗС-матрице формируется кривая отражения (рис. 5). При подключении матрицы к компьютеру обеспечивается быстрота считывания сигнала и, как следствие, становится возможным анализ динамических процессов, протекающих в биообразце.

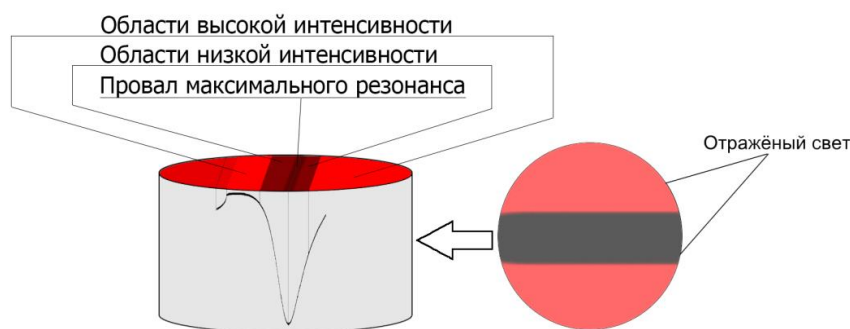


Рис. 5. Интерпретация матрицей кривой отражения

Путем математического анализа серии сенсограмм, которые получены при разных концентрациях аналита, могут быть вычислены равновесные характеристики межмолекулярных взаимодействий, а также кинетические параметры. Из серий сенсограмм, полученных при разных температурах, могут быть получены значения термодинамических характеристик.

Задача исследования – реализация предложенной схемы, подбор подложки и рецептора для проведения анализа биологических структур.

Литература

1. Майер С.А. Плазмоника: теория и приложения: пер. с англ. – М.-Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2011. – 296 с.
2. Мамичев Д.А. и др. Оптические сенсоры на основе поверхностного плазмонного резонанса для высокочувствительного биохимического анализа // Молекулярная медицина. – 2012. – № 6. – С. 19–27.
3. Кобзева И.Н. Оптические сенсоры для биосенсорных диагностических систем на основе поверхностно-плазмонного резонанса // Вестник КДПУ им. М. Остроградского. – 2009. – Т. 57. – № 4. – С. 53–56.
4. Mukhtar W.M. et al. Angle shifting in surface plasmon resonance: experimental and theoretical verification // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2013. – V. 431. – № 1. – P. 1–7.

УДК 664.6/.7/.8

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Е.В. Курганова

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

Рацион питания населения в России нарушен из-за недостатка недостатка белков; дефицита витаминов (группы В, А и С); дефицита минеральных веществ, особенно кальция, железа, магния, йода и селена. Широкий ассортимент продуктов, вырабатываемых пищевой промышленностью, обуславливает использование огромного разнообразия сырья, различающегося по составу и свойствам. И поэтому актуальной проблемой является разработка хлебобучных изделий функционального назначения на предприятиях общественного питания. Особое место в разрешении данных вопросов занимают продукты растительного происхождения. **Ключевые слова:** хлебобучные изделия, хлеб, пророшенное зерно, функциональные продукты.

На сегодняшний день ситуация с состоянием питания россиян неудовлетворительна по целому ряду причин. Во-первых, для части населения характерна неполноценность рациона питания, что в выраженных случаях является

причиной замедления физической и функциональной работы организма. Во-вторых, некоторые люди неграмотно и несознательно относятся к режиму питания. В-третьих, организация питания на некоторых предприятиях неудовлетворительная, и многие работники не пользуются услугами предприятий общественного питания, злоупотребляют фаст-фудами и быстрыми перекусами. Обычно это связано с недостаточной информированностью и невниманием со стороны работодателей. В настоящее время происходит значительное изменение отношения людей, в первую очередь социально активных слоев населения, к собственному здоровью.

В связи с ростом благосостояния населения, развития сети ресторанов, кафе быстрого питания, розничных торговых точек, как в мегаполисах, так и в регионах способствуют развитию производства готовых продуктов с повышенной усваиваемостью. Особенностью технологии изготовления хлебобулочных изделий из пророщенного зерна является получение продукта высокого качества при минимальных потерях сырья и максимальном выходе. Функциональные свойства продуктов увеличиваются за счет замены муки на пророщенное зерно, вместе с тем увеличиваются химический и минеральный составы.

Таким образом, повышение пищевой и биологической ценности полуфабрикатов и готовых хлебобулочных изделий для предприятий общественного питания является актуальной проблемой.

С целью улучшения структуры питания населения страны, необходимо создание новых продуктов с направленным изменением химического состава, соответствующим потребностям организма человека. Физиологические и биологические свойства этих продуктов не могут быть в достаточной степени удовлетворены без использования в их рецептурах неординарных ингредиентов, являющихся носителями индивидуальных, специфических свойств. Таким ингредиентом является пророщенное зерно.

Целью работы являлась разработка технологий хлебобулочных изделий на основе пророщенного зерна пшеницы функционального назначения для предприятий общественного питания.

Хлеб и другие зерномучные товары являются основными поставщиками углеводов – главного энергетического компонента пищи. Потребление пшеничного хлеба из муки первого или высшего сортов удовлетворяет потребность в жизненно необходимых аминокислотах (кроме лизина, так как содержание его в хлебобулочных изделиях, а также в хлебе очень мало) [1].

Процесс развития растения при соответствующих условиях начинается из зародыша. В нижней части зародыша расположен его зародышевый корешок, в верхней части – почечка. Часть зародыша, плотно прилегающая к эндосперму, – щиток, служащий для передачи питательных веществ из эндосперма в зародыш при прорастании зерна.

Функция оболочек заключается в защите семени от воздействия внешней среды, механических и химических повреждений. Оболочки делятся на плодовую и семенную.

По химическому составу оболочки состоят в основном из неусвояемых веществ – клетчатки и полуклетчатки, характеризуются высоким содержанием минеральных веществ и витаминов. В зерне пшеницы содержание плодовой оболочки составляет 3,3–6,8%, семенной – 1,3–2,6% от массы сухого вещества (с. в.) зерна [2].

Внутренняя часть зерновки называется эндоспермом. Эндосперм содержит запасные питательные вещества, необходимые для развития молодого растения. Эндосперм состоит из двух частей: наружного – алейронового слоя и внутреннего – мучнистого ядра. Алейроновый слой составляет 3,5–9,5%, а мучнистое ядро – 77–84%.

Клетки алейронового слоя наполнены белковыми веществами и богаты жиром. Алейроновый слой выполняет две функции: является защитным слоем мучнистого ядра и служит запасом питательных веществ для зародыша. Мучнистое ядро состоит из

крупных тонкостенных многогранных клеток, плотно заполненных зернами крахмала (крупными зернами или гранулами – пластидным крахмалом и мелкими – хондриосомным), белковыми и другими веществами. Стенки клеток мучнистого ядра состоят из клетчатки, гемицеллюлозы и минеральных веществ, склеены между собой пектином и водорастворимыми белками. В периферийной части зерна формируется белка больше, чем в центральной. Белковые молекулы со сферической или близкой к сферической формой образуют глобулярные белки, а нитевидные, палочковидные – фибриллярные. В клетках растений белки обычно находятся в виде сложных комплексов с углеводами, липидами, нуклеиновыми кислотами, минеральными и другими веществами. Альбумины и глобулины синтезируются в зерне пшеницы на ранних стадиях формирования, интенсивное накопление глиаина и глютеина наблюдается в молочной стадии спелости и продолжается до конца созревания.

Зародыш – зачаток растения, состоящий из почечки, корешка и щитка. Зародыш характеризуется высоким содержанием ценных питательных веществ: аминокислот, сахаров, липидов, минеральных веществ, витаминов и ферментов. Содержание зародыша колеблется в пределах от 1,6 до 3,5% от массы с. в. зерна пшеницы [2, 3].

Распределение химических веществ по частям зерновки пшеницы приведено в табл. 1.

Таблица 1. Средний химический состав пшеничного зерна, % на сухое вещество (по Е.Д. Казакову, В.Л. Кретовичу) [2]

Наименование	Соотношение частей	Белок	Липиды	Углеводы			
				крахмал	сахар	клетчатка	пентозы
Целое зерно	100,0	16,06	2,24	63,07	4,32	2,76	8,10
Эндосперм	81,60	12,91	0,68	78,82	3,54	0,15	2,72
Зародыш	3,24	41,30	15,04	–	25,12	2,46	9,74
Оболочки с алейроновым слоем	15,16	28,75	7,78	–	4,18	16,20	32,50

В отличие от ржи пшеница обладает высоким содержанием белка. Главной особенностью для использования пшеницы в нашей технологии является содержание и физиологические свойства клейковины, от которой зависит качество готового хлеба. Помимо белка в пшенице содержится много минеральных веществ, витаминов и пищевых волокон, в том числе – клетчатка.

В нашей технологии использовалось дрожжевое тесто, приготовленное безопарным способом.

В хлебопекарной промышленности дрожжи являются основным биологическим агентом, вызывающим разрыхление теста за счет образования диоксида углерода при спиртовом брожении. Наряду со стандартными прессованными дрожжами, в технологии хлеба использовались также дрожжи сухие высокоактивные инстантные.

Дрожжи сбраживают глюкозу, фруктозу, сахарозу, мальтозу, простые декстрины, не сбраживают лактозу, крахмал, клетчатку. Они усваивают этиловый спирт, молочную кислоту, уксусную кислоту [5].

Инстантные дрожжи не должны находиться в контакте с водой, поэтому их смешивают с зерновой смесью перед замесом теста.

Качество сушеных хлебопекарных дрожжей должно соответствовать требованиям ГОСТ 28483-90 и ТУ 10-0334585-6-90 (табл. 2).

Таблица 2. Показатели качества сушеных дрожжей

Показатель	Высший сорт	1-й сорт
Массовая доля влаги, %, не более	8,0	10,0
Подъемная сила, мин, не более (подъем теста до 70 мм)	70	90
Сохранность, мес., не менее	12	5
Форма	В виде вермишели, гранул, мелких зерен, кусочков порошка или крупы	
Цвет	Светло-желтый или серо-коричневый	
Запах	Свойственный сушеным дрожжам, без посторонних запахов: гнилостного, плесневого и др.	
Вкус	Свойственный сушеным дрожжам	

Доза внесения сушеных дрожжей следующая: 0,7% к массе зерновой измельченной смеси при безопасном способе.

Оптимальными условиями для прорастания семян являются влажность, температура и наличие кислорода. Сухие семена злаковых обладают до 15% прочно связанной воды (гидратационной) белками, при которой осуществляется нормальное дыхание. При достижении определенного уровня влажности, появляется свободная вода, при помощи которой активируются ферменты оксидоредуктазы, усиливается энергообмен, резко увеличивается интенсивность дыхания и улучшается проницаемость клеточных стенок. Энергия, необходимая для начала процессов роста, в зародыше накапливается в форме аденозинтрифосфата (АТФ) и идет на синтез высокомолекулярных соединений, участвующих в формировании морфологических структур проростка.

Биохимическая направленность прорастания – это активация гидролитических ферментов в зародыше, эндосперме, семядолях, за счет поступающих внутрь зерна молекул воды, создающих гидратную оболочку вокруг белков.

При прорастании в зерне активизируются протеолитические ферменты – протеазы, которые гидролизуют запасные белки с образованием полипептидов и аминокислот; а также крахмала (β -амилазой) – до мальтозы; жиров (липазами) – до жирных кислот и глицерина.

В результате происходит активация ферментов и запасные высокомолекулярные вещества, входящие в состав стенок клеток и эндосперма (в первую очередь – крахмал; белки, пектиновые вещества, жиры), расщепляются на более простые и растворимые соединения, необходимые для питания зародыша. Другими словами в зерне происходит ферментативный гидролиз высокомолекулярных веществ. Образовавшиеся соединения легко усваиваются в организме человека.

Основной показатель значительных биохимических изменений в прорастающем зерне злаковых – повышение активности ферментов амилитического и протеолитического комплексов.

Влажность замачиваемой пшеницы называется степенью замачивания, которая приводится в процентах. Для хлебопечения используют степень замачивания – 42–44%.

Активирование процессов роста зародыша связано с синтезом витаминов и высвобождением минеральных ионов из органических комплексов. В прорастающем зерне злаков витаминов группы В больше в 6 раз, чем в сухом.

В целом в хлебобулочных изделиях, полученных из проросшего зерна, содержится комплекс витаминов, наиболее важных для регуляции функций организма человека: В1 (тиамин), В2 (рибофлавин), В6 (пиридоксин), РР (никотиновая кислота).

При разработке технологической схемы были отработаны такие позиции, как:

- производственные потери при приготовлении продукта при механической и тепловой обработке;
- температурный режим и продолжительность тепловой обработки;
- степень готовности изделия;
- выход готовых изделий;
- технология приготовления изделий.

Технология хлебобулочных изделий из проросшего зерна соответствует классической технологии производства обычного хлеба: замес теста, разделка, расстойка и выпечка.

При подготовке зерна к производству зернового хлеба всегда используется такой технологический прием, как замачивание, его режимы варьируются в широких пределах. При производстве хлеба из проросшего зерна особое место занимают стадии замачивания и прорастания зерна. Этот процесс характеризуется взаимодействием зерна с избыточным количеством воды.

Для выявления оптимального гидромодуля на различных этапах проращивания было изучено количество впитываемой пшеницей воды, при этом на этапе замачивания поддерживали температуру 25°C, а на этапе проращивания поддерживали температуру 20°C. Влажность воздуха составляла 82%, толщина слоя на обоих этапах составила 2 см. Для этого измеряли количество свободной воды на протяжении 12 ч, до достижения длины ростка 1–1,5 мм.

Изменение влажности зерна в зависимости от температуры изображено на рисунке, а. Диаграмма поглощения воды в пересчете на 100 г пшеницы изображена на рисунке, б.

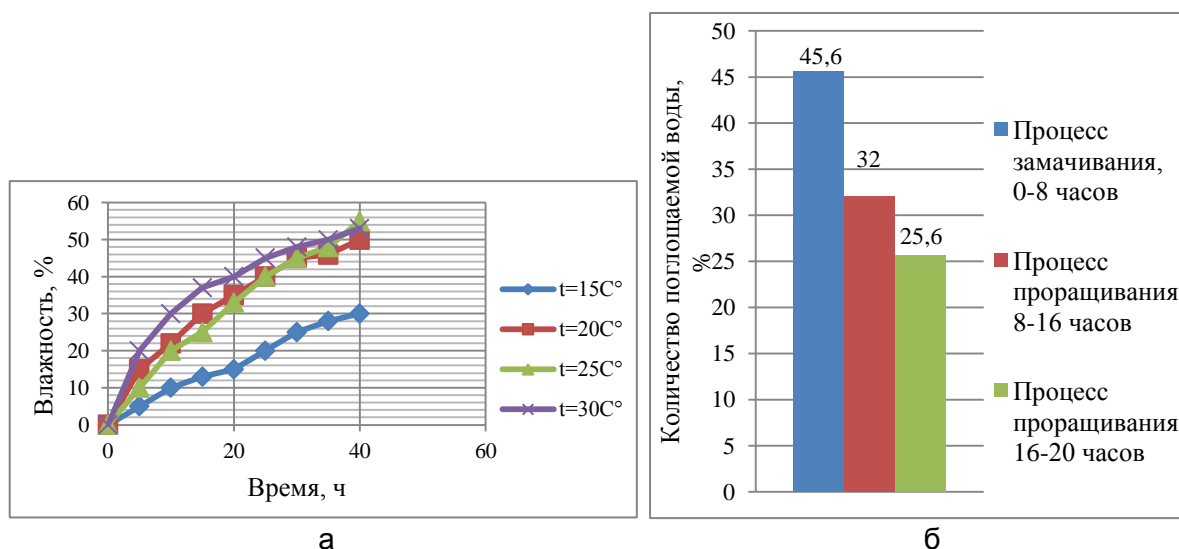


Рисунок. Изменение влажности зерна в зависимости от температуры (а); динамика поглощения воды (б)

Выявлено, что оптимальный гидромодуль на этапе замачивания составил 1:1,4, а на этапе проращивания 1:1.

После прорастания до получения проростков водную среду, в которой замачивалось зерно, отцеживают и сливают. Это нужно для того, чтобы убрать характерную кислотность, отрицательно сказывающуюся как на вкусе и запахе готового хлеба из проросшего зерна, так и на его пористости. Затем зерно

подвергают измельчению с отводом выделившейся жидкости, не связанной с получаемой зерновой массой. Отводимую жидкую фракцию, которая богата питательными веществами (сахарами, аминокислотами, декстринами, пектинами и минеральными веществами) следует в дальнейшем использовать в качестве компонента при замесе теста. При замесе в тестовую массу добавляются только дрожжи, соль и сахар. Мука в технологическом процессе приготовления выпечного хлеба из пророщенного зерна не применяется.

В тестовую массу из пророщенного зерна добавляли дрожжи сушеные, соль, сахар и воду по рецептуре. Вместо воды для получения теста нужной консистенции можно использовать жидкую фракцию, собиравшуюся в процессе измельчения набухшего зерна. Готовое тесто становится эластичным, хорошо обминается, слегка релаксирует. Обогащение теста жидкой фракцией (вместо обычной воды) обеспечивает «технологическую функцию»: белок клейковины, перешедший в жидкую фракцию водной суспензии зерновой массы, обеспечивает дополнительную связанность структуры в процессе замешивания теста. Это сказывается на развитии и равномерности пористости хлеба, и является залогом достижения высоких органолептических показателей.

Полученное тесто разделяют в формы и направляют на расстойку. Расстаивают тесто при температуре 35°C и равновесном состоянии влажности 75% в системе «тесто-атмосфера» в течение 40 мин до конечной кислотности 5 град. Окончание расстойки фиксируется визуально и по времени, определенному опытным путем. Расстойка при равномерном состоянии влажности нужна для достижения высокого качества готового продукта: она исключает заветривание теста, т.е. образование подсохшей корки, препятствующей свободному выходу влаги из выпекаемого теста, что обуславливает неэластичность мякиша даже у полностью пропекающегося хлеба.

Выпечку хлеба ведут при температуре 185°C. Первые 23 с процесс ведется в среде насыщенного водяного пара. Конкретные режимы выпечки устанавливаются в зависимости от нужной массы и формы изделий, а также типа, сорта и качества зерна.

При использовании насыщенного водяного пара при высоких температурах в начальный момент параллельно протекают три процесса: «дорасстойка изделий», «устранение дефектов формовки» и «интенсивный прогрев теста». Пар также способствует образованию характерной блестящей корочки, т.е. особого органолептического показателя готового хлеба.

Для оценки качества образцов хлеба из пророщенного зерна применялись физико-химические, биохимические и органолептические методы исследования готовой продукции.

Литература

1. Скуратовская О.Д. Контроль качества продукции физико-химическими методами. М.: Делипринт, 2003. – 128 с.
2. Пучкова Л.И., Поландова Р.Д., Матвеева И.В. Технология хлеба. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 559 с.
3. Казаков Е.Д., Кретович В.Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки. – 2-е издание переработанное и дополненное. – М.: Агропромиздат, 1989. – 368 с.
4. Красникова Л.В., Кострова И.Е., Машкин Д.В. Микробиология производства хлеба, кондитерских и макаронных изделий. Учебное пособие. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2007. – 135 с.
5. Курганова Е.В., Ишевский А.Л. Разработка технологии функциональных продуктов на основе пророщенного зерна // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2014. – № 3(25). – С. 114–122.

АНАЛИЗ ЖЕСТКОСТИ ПЛОСКИХ УПРУГИХ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Р.Я. Лабковская

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.Л. Ткалич

Перспективы современного приборостроения связаны с созданием приборов, обладающих малыми массой, габаритными размерами, энергопотреблением и себестоимостью при безусловном выполнении целевой функции с заданной точностью. Укрупненно элементную базу микромеханических приборов можно разделить на упругие подвесы, преобразователи и электронные средства. Преобразователи и упругие элементы, как правило, образуют единые микроструктуры. Электронные средства служат для выработки сигналов, содержащих информацию об измеряемых физических величинах, и для формирования управляющих сигналов в обратных преобразователях.

Ключевые слова: упругие чувствительные элементы системы управления, надежность, жесткость.

В настоящее время повысилась роль и значение магнитоуправляемых герметизированных контактов (герконов) как упругие чувствительные элементы системы управления (ЧЭСУ). Мировой рынок герконов достаточно стабилен и имеет устойчивую тенденцию к дальнейшему расширению производимого ассортимента [1–3]. Достоинства и простота конструкции герконов, способность управляться внешним магнитным полем позволяют применять их в качестве контактных пар всевозможных реле, концевых выключателей, тумблеров, кнопок клавиатуры, промышленных датчиков, преобразователей неэлектрических величин в электрические аналоги, элементов высокочастотных и измерительных систем спецтехники и т.п. Одними из самых распространенных сейчас являются охранные датчики на основе герконов, включающих в свой состав мембранные и пластинчатые ЧЭСУ. Ударноконтактные герконовые датчики используются для защиты от разрушения остекленных конструкций. Сегодня Рязанский завод производит эти датчики для автомобилей, выпускаемых крупнейшим заводом российского автопрома АвтоВАЗом. Таким образом, применение современных типов герконов в устройствах охранной сигнализации и извещательных датчиках является перспективным направлением развития мирового рынка герконов.

Возрастающие требования к показателям надежности и метрологическим характеристикам упругих ЧЭСУ делают актуальной проблему повышения качества мембранных и пластинчатых ЧЭСУ, что обуславливает потребность в развитии расчетных и экспериментальных методов анализа статики и динамики данного типа элементов и ведет к потребности создания на их основе новых видов коммутационных устройств [4, 5].

Дальнейшее развитие методов анализа статики и динамики мембранных и пластинчатых упругих ЧЭСУ позволит снизить объемы дорогостоящей экспериментальной обработки данного типа элементов на стадии их проектирования. Потребность в снижении степени риска при эксплуатации систем управления указывает на необходимость совершенствования методов расчета статики и динамики упругих ЧЭСУ [6–8].

Большой вклад в создание и развитие методов анализа упругих ЧЭСУ внесли такие отечественные ученые как В.П. Корсунов (витые пружины, мембраны), Л.Е. Андреева (расчет манометрических трубок, мембран, сильфонов), Н.А. Алфутов (проблемы устойчивости), А.С. Вольмир (проблемы статики и динамики), Я.М. Диковский (герконы), К.И. Харазов (герконы), В.Я. Распопов (электромеханические элементы), также этой проблемой занимались и зарубежные ученые, такие как Энтони Джей Вилкис (герконы), Болен Ромейн (магнитоуправляемые контакты), Танака Акира и т.д.

Однако, несмотря на большое количество работ в этой области, дальнейшая разработка методов анализа статики и динамики упругих ЧЭ по прежнему остается крайне актуальной для создания современных упругих ЧЭ СУ с высоким уровнем надежности [9, 10].

В маятниковых микроакселерометрах ЧЭ представляет собой инерциальную массу с подвесом, выполненным в виде консольной балки, подвергаемой деформации изгиба.

Действие инерциальной массы пластины на балку в точке A можно рассматривать как одновременно приложенные в точке A некоторую силу P и крутящий момент $M_{кр}$. В обоих случаях имеют место линейные f и угловые ϑ перемещения балки в точке A , величины которых приведены в табл. 1.

Таблица 1. Упругие элементы с одним свободным концом

Схемы нагружения; эпюры M и Q	Опорные реакции и моменты; перерезывающие силы
	$f = \frac{Pl^3}{3EI}; \quad \vartheta = -\frac{Pl^3}{2EI} \text{ (в точке } A\text{);}$ $Q = -P;$ $M_{и} = -Pl \text{ (в точке } B\text{)}$
	$f = \frac{M_{кр}l^2}{2EI}; \quad \vartheta = -\frac{M_{кр}l}{EI} \text{ (в точке } A\text{);}$ $Q = -P;$ $M_{и} = -M_{кр} \text{ (от точки } A \text{ до точки } B\text{)}$
<p>Условные обозначения: E – модуль упругости; I – момент инерции поперечного сечения балки</p>	

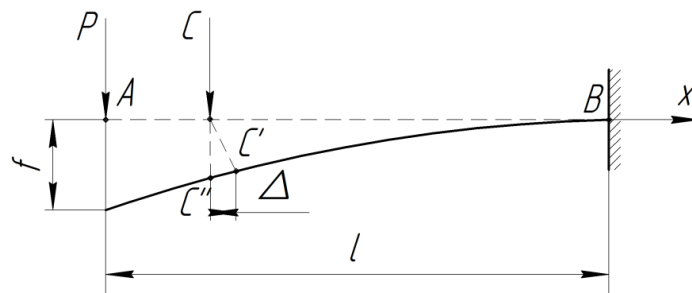


Рисунок. Схема нагружения упругого элемента

Рассмотрим расчет ЧЭ, нагруженного по схеме, изображенной на рисунке, где

$$CC'' - \text{линейное перемещение} \rightarrow CC'' = \frac{Pl^3}{3EI}.$$

$$\text{Пусть } CC'' = t, \quad C'C'' = \Delta, \quad \angle C'C'' = \varphi.$$

Тогда:

1. по теореме косинусов:

$$\Delta^2 = t^2 + CC'^2 - 2 \cdot t \cdot CC' \cdot \cos \varphi;$$

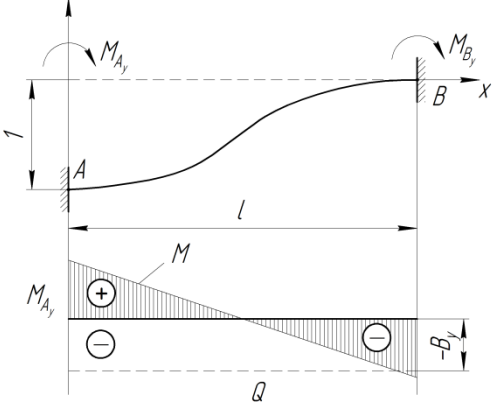
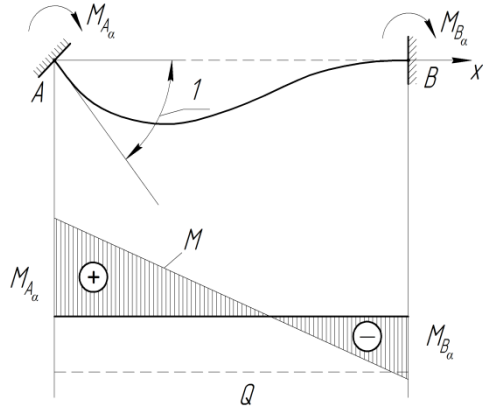
$$\Delta = \sqrt{t(t - 2 \cdot CC' \cdot \cos \varphi) + CC'^2}.$$

$$2. \quad \Delta = t \sin \varphi.$$

Контактная система геркона представляет собой различные комбинации упругих элементов типа пластин, преобладающее большинство которых подвержено деформациям изгиба (элементы «работают» на изгиб).

В табл. 2 приведены типовые схемы нагружения упругих элементов с жестко зашечленными концами, а также приведены формулы для вычисления реакций A_y , B_y и моментов реакций M_{A_y} , M_{B_y} , обусловленных единичной посадкой зашечленного конца балки в точке A , а также формулы для вычисления реакций A_α , B_α и моментов реакций M_{A_α} , M_{B_α} , обусловленных единичным поворотом зашечленного конца балки в точке A . Приведены также формулы для вычисления перерезывающих сил Q .

Таблица 2. Упругие элементы с жестко зашечленными концами

Схемы нагружения; эпюры M и Q	Опорные реакции и моменты; перерезывающие силы
	$A_y = \frac{12EI}{l^3}; \quad B_y = -\frac{12EI}{l^3};$ $M_{A_y} = M_{B_y} = \frac{6EI}{l^2};$ $Q = -\frac{12EI}{l^3}$
	$A_\alpha = -\frac{6EI}{l^2}; \quad B_\alpha = \frac{6EI}{l^2};$ $M_{A_\alpha} = \frac{4EI}{l}; \quad M_{B_\alpha} = \frac{2EI}{l};$ $Q = -\frac{6EI}{l^2}$
<p>Условные обозначения: E – модуль упругости; I – момент инерции поперечного сечения балки</p>	

Заклучение

Выявлено, что, с точки зрения качества упругих чувствительных элементов, его параметрическая надежность в первую очередь зависит от неупругих эффектов материала, которые проявляются в виде гистерезиса, релаксации и ползучести. Погрешности именно от этих эффектов являются причиной нестабильности показаний датчиков во времени и часто ограничивают приборную точность. Следовательно, перспективным направлением является разработка методов, позволяющих понизить степень влияния этих факторов.

Данная методика применена автором для анализа жесткости упругих чувствительных элементов герконовых реле. Герконовое реле относится к классу

датчиков систем управления автоматизации, диапазон применения которых весьма широк: от датчиков расхода жидкости до автомобильной сигнализации, в надводных и подводных аппаратах, наземных транспортных средствах, роботах и др.

Литература

1. Лабковская Р.Я., Козлов А.С., Пирожникова О.И. Новые разработки в области герконовой элементной базы // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых. – СПб.: НИУ ИТМО. – 2014. – Вып. 1. – С. 201–202.
2. Лабковская Р.Я., Пирожникова О.И., Гатчин Ю.А. Перспективы применения современных герконов в устройствах охранной сигнализации и извещательных датчиках // Материалы Международного конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям IS&IT'12. – 2012. – Т. 2. – С. 209–214.
3. Лабковская Р.Я., Пирожникова О.И., Гатчин Ю.А. Тенденции развития и современное применение герконов в устройствах защиты // Материалы Международного конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям IS&IT'13. – 2013. – Т. 3. – С. 398–403.
4. Лабковская Р.Я., Пирожникова О.И., Ткалич В.Л. Метод повышения надежности упругих чувствительных элементов систем управления и автоматики // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 1 (71). – С. 136–138.
5. Лабковская Р.Я. Надежность работы современных герконов // Сб. тезисов докладов Конгресса молодых ученых. – СПб.: НИУ ИТМО, 2012. – Вып. 1. – С. 165–167.
6. Лабковская Р.Я., Нечаева Н.В., Пирожникова О.И. Анализ жесткости УЧЭ датчиков и герконовых реле систем управления и автоматизации // Материалы VII Всероссийской межвузовской конференция молодых ученых. – 2010. – С. 195–196.
7. Лабковская Р.Я. Статика и динамика мембранных и пластинчатых электромеханических элементов систем управления // Восемнадцатая Санкт-Петербургская Ассамблея молодых ученых и специалистов. – 2013. – С. 149.
8. Лабковская Р.Я. Исследование статики и динамики мембранных и пластинчатых электромеханических элементов систем управления // Сб. тезисов докладов конгресса молодых ученых. – СПб.: НИУ ИТМО, 2014. – Вып. 1. – С. 202–203.
9. Лабковская Р.Я., Евлахова А.В., Гатчин Ю.А. Математическое моделирование статических и динамических характеристик герконовых реле для систем защиты и сигнализации // Материалы Международного конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям IS&IT'12. – 2012. – Т. 2. – С. 107–111.
10. Лабковская Р.Я. Моделирование статики и динамики элементной базы // Альманах научных работ молодых ученых НИУ ИТМО. – 2012. – С. 331–334.

УДК 51-74

ПОСТРОЕНИЕ AMD-КОДОВ НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

А.Б. Левина, С.В. Таранов

В работе представлены разработанные конструкции помехоустойчивых кодов, обнаруживающих алгебраические манипуляции, на основе вейвлетных преобразований. Предложенные нелинейные коды являются AMD-кодами. Схемы помехоустойчивого кодирования на основе AMD-кодов могут существенно улучшить показатели надежности систем хранения, обработки и передачи информации. AMD-коды на основе вейвлетных преобразований дают значительный выигрыш в системах, в которых уже применяются вейвлетные преобразования. В данных системах коэффициенты масштабирующих функций уже рассчитаны и могут быть использованы в разработанных конструкциях, что дает выигрыш во времени относительно других кодовых конструкций.

Ключевые слова: коды, AMD-коды, вейвлетные разложения.

Введение

Разработка новых алгоритмов помехоустойчивого кодирования, обеспечивающих достоверность и целостность информации при ее передаче, хранении и обработке является актуальной задачей информационной безопасности. Во многом это объясняется постоянным ростом объемов информации, которая обрабатывается и хранится в современных системах, а также ростом требований к достоверности информации, которая передается по каналам с шумами. Важной проблемой обеспечения достоверности информации является угроза внедрения ошибок в устройство. Со стороны злоумышленника могут осуществляться воздействия на устройство передачи, обработки и хранения информации с целью возникновения в этом устройстве ошибок, примеры данных атак можно найти в работах [1–3]. В работе М.Г. Карповского [4] показано, что линейные коды плохо подходят для защиты против данного типа атак, поскольку имеют большой процент пропускаемых ошибок, поэтому для защиты от подобных атак используют коды, обнаруживающие алгебраические манипуляции или AMD (Algebraic Manipulation Detection) коды. Тема кодов, обнаруживающих алгебраические манипуляции, одновременно развивается в работах Р. Крамера [5] и М.Г. Карповского [6]. AMD-коды позволяют с некоторой заданной вероятностью обнаружить любую конфигурацию ошибок, более того данный тип кодов способен обнаруживать ошибки в случае, если входной поток кодовых слов моделируется злоумышленником, т.е. является неравномерным.

В настоящей работе представлены две конструкции «слабых» AMD-кодов, построенных на основе вейвлетных разложений, приведены характеристики предложенных конструкций, а также их сравнение с существующими AMD-кодами.

Вейвлетные преобразования, модель алгебраических манипуляций и их применение в кодах, ориентированных на безопасность

Вейвлетные преобразования широко используются для сжатия, обработки, анализа изображений и сигналов. Данный тип преобразования обладает всеми достоинствами преобразования Фурье, и, более того, вейвлетные базисы хорошо локализованы по времени, что позволяет при анализе сигнала выделять только интересующие уровни разложения. Идея вейвлетного преобразования заключается в разделении сигнала $s(t)$ на две составляющие: аппроксимирующую $A_m(t)$ и детализирующую $D_m(t)$

$$s(t) = A_m(t) + \sum_{i=1}^m D_i(t),$$

где m – определенный масштаб или уровень декомпозиции (реконструкции) сигнала $s(t)$. Такое разделение позволяет выделить полезный сигнал в канале с шумом или при необходимости сжать информацию. Вейвлетное преобразование обладает относительной сложностью по сравнению с преобразованием Фурье, однако использование поэтапного разложения сигнала или, так называемого, быстрого вейвлет-преобразования, позволяет упростить процесс разложения. Подтверждение вышеописанных свойств, а также другой информации, касающейся вейвлетного преобразования можно найти в пособии М.Н. Юдина [7].

Основной областью применения кодов, построенных на вейвлетных преобразованиях, является хранение, обработка и передача изображений и видео. Взаимосвязь между вейвлетным преобразованием и помехоустойчивым кодированием можно проследить и на математическом уровне. Как уже описывалось выше, вейвлетное преобразование является разбиением сигнала на две составляющие.

Разбиение может быть рассмотрено как отображение исходного потока на аппроксимирующую и детализирующую составляющие. Таким образом, вейвлетное преобразование содержит два основных отображения $V_{m-1} \rightarrow V_m$ и $V_{m-1} \rightarrow W_m$, которые можно удобно выразить через коэффициенты масштабирующей φ и вейвлетной ψ функций. Обозначив h_1, \dots, h_N как коэффициенты масштабирующих функций, а g_1, \dots, g_N – коэффициенты вейвлетной функции, можно представить вейвлетное преобразование в виде совокупности двух циклических матриц:

$$H = \text{cir}_d(h_1, h_2, \dots, h_N);$$

$$G = \text{cir}_d(g_1, g_2, \dots, g_N),$$

где d – сдвиг матрицы, равный порядку используемого вейвлета.

Подобное разделение на две основные составляющие можно увидеть и в теории помехоустойчивого кодирования. Основным классом помехоустойчивых кодов являются систематические коды, в которых каждое кодовое слово делится на информационную и избыточную части. Одним из элементарных подходов к построению кода на основе вейвлетного преобразования, является использование в качестве информационной части кода аппроксимирующей составляющей вейвлет-преобразования и, соответственно, в качестве избыточной части – детализирующей. Данный подход подробно описан в работах [8, 9].

Вейвлетные преобразования могут быть использованы для создания новых конструкций помехоустойчивых кодов, в том числе для построения кодов, ориентированных на безопасность. В частности, возможно сопоставление аппроксимирующей и детализирующей составляющих с информационной и случайной частью AMD-кодов, что позволяет получить новые конструкции AMD-кодов. Подробные алгоритмы построения вейвлетных AMD-кодов и исследование их характеристик будут рассмотрены в следующем разделе.

При изучении и построении кодов, ориентированных на безопасность, обычно применяется модель алгебраических манипуляций. Данная модель представляет собой абстрактное устройство хранения $\sum G$, которое содержит элемент x из фиксированной конечной группы G . Устройство является защищенным, т.е. злоумышленник не имеет доступа к устройству $\sum G$ и не может узнать значение x . Однако $\sum G$ не является надежным, поскольку злоумышленник может внедрить в устройство некоторую ошибку $e \in G$. В результате существует вероятность, что абстрактное устройство может хранить ошибочное значение $x + e \in G$. Злоумышленник не знает значения x , хранимого в устройстве, и может внедрить ошибку только на основании своего априорного знания об x . Сам факт внедрения ошибки называется алгебраической манипуляцией.

Для защиты устройств, соответствующих вышеописанной модели, используются AMD-коды или коды, обнаруживающие алгебраические манипуляции.

Определение. Кодом, обнаруживающим алгебраические манипуляции, или AMD-кодом называется совокупность функции кодирования $E: S \rightarrow G$, которая является вероятностным отображением множества S в аддитивную группу G , и функции декодирования $D: G \rightarrow S$ такой, что $D(E(x)) = x$ с вероятностью 1 для любого $x \in S$.

Надежность AMD-кода основана на том, что для любого $x \in S$ и $\delta \in G$ вероятность того, что кодовое слово с ошибкой не принадлежит множеству разрешенных комбинаций кода, должно быть меньше заданного порога Δ :

$$Pr[D(E(x)+e) \neq x] \leq \Delta.$$

В «сильных» AMD-кодах осуществляется вероятностное кодирование, т.е. в процессе кодирования добавляется некоторая случайная последовательность и, таким образом, достигается самая низкая вероятность маскировки ошибки. «Слабые» AMD-коды не используют вероятностное кодирование, а добиваются снижения вероятности маскировки ошибки за счет использования совершенно нелинейных функций и дополнительных преобразований кодовых слов, например, преобразований Грея. В данной работе представлены разработанные «слабые» AMD-коды.

При изучении различных AMD-кодов и функций кодирования используются следующие два основных параметра:

– надежность R , т.е. максимальное количество необнаруживаемых ошибок $R = \max(x : x + e \in G)$;

– максимум вероятности маскировки ошибки, который представляет собой отношение $\max Q(e) = \frac{\max(x : x \in G, x + e \in G)}{M}$, где M – количество кодовых слов в

коде. Чем меньше значение вышеперечисленных параметров, тем надежней AMD-код.

Также стоит отметить важность систематических AMD-кодов, данный тип кодов является более гибким в выборе параметров, чем, к примеру, совершенные надежные коды для той же скорости кода. Если взять избыточность $r=1$ для функции кодирования, заданной некоторой бент-функцией, получается систематический код с параметрами $(n, M = 2^{n-1}, R = 2^{n-2})$, для того же значения избыточности совершенный надежный код будет иметь параметры $(n, M = 2^{n-1} \pm 2^{n/2-1}, R = 2^{n-2} \pm 2^{n/2-1})$.

Описанные в работе конструкции AMD-кодов являются систематическими.

Конструкции кодов, обнаруживающих алгебраические манипуляции, на основе вейвлетных разложений

При построении кодовых конструкций будут использоваться аппроксимирующая и детализирующая составляющие, полученные после вейвлетного преобразования исходной информационной последовательности. В качестве информационной части систематического AMD-кода в разработанных конструкциях используется аппроксимирующая составляющая, а детализирующая часть применяется вместо случайно сгенерированной последовательности.

1. Конструкция слабого AMD-кода на основе скалярного умножения. Рассмотрим следующую конструкцию кода:

$$\text{Код } C = (y \in GF(2^{sr}) \mid x \in GF(2^{sr}) \mid f(y, x) \in GF(2^r)),$$

где y – аппроксимирующая составляющая; x – детализирующая составляющая; s – длина вектора в AMD-коде; $f(x, y) = \sum_{i=1}^s x_i y_i$ – скалярное умножение векторов x и y .

Аппроксимирующая составляющая y и значение детализирующей составляющей x рассматриваются как векторы конечного поля $GF(2^r)$, а в качестве функции кодирования используется результат скалярного произведения данных векторов.

Вышеописанная конструкция кода является AMD-кодом и имеет максимум вероятность маскировки ошибки равный $\max Q(e) = 2^{-r}$.

2. Конструкция слабого AMD-кода на основе функции Майорана–МакФарланда. В данной конструкции аппроксимирующая составляющая x и детализирующая составляющая y делятся на равные части, которые представляются как вектора в

некотором поле Галуа, а в качестве функции кодирования используется умножение в поле полученных векторов.

Рассмотрим конструкцию со следующей функцией кодирования

$$f(y, x) = x_1 y_2 + x_3 y_4 + \dots + x_{2s-1} y_{2s},$$

где $x_{2s-1} y_{2s}$ – умножение в поле Галуа $GF(2^r)$, данная функция кодирования является совершенно нелинейной функцией и носит название функции Майорана–МакФарланда.

Конструкция вейвлетного AMD-кода на основе функции Майорана–МакФарланда является слабым AMD-кодом и имеет максимум вероятности маскировки ошибки, равный $\max Q(e) = 2^{-r}$.

В работе было произведено сравнение разработанных конструкций AMD-кодов с современными нелинейными кодами. Для сравнения были построены программные модели процессов кодирования для всех рассматриваемых конструкций. Было произведено сравнение скорости кодирования выбранных помехоустойчивых кодов в системе, которая использует вейвлет-преобразования, в качестве системы для тестирования была выбрана система ADV612, осуществляющая сжатие видео на основе вейвлетов Добеши. Также было произведено сравнение для случая неравномерного распределения входных кодовых слов. Результаты измерений представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Сравнение максимума вероятности маскировки ошибки для случаев неравномерного распределения кодовых слов на входе устройства кодирования

Сравниваемые конструкции	$\max Q(e)$ для равномерного распределения	$\max Q(e)$, неравномерное распределение 1	$\max Q(e)$, неравномерное распределение 2	$\max Q(e)$, неравномерное распределение 3
Вейвлетный AMD-код на основе функции Майорана–МакФарланда	0,0625	0,0742	0,0838	0,0835
Вейвлетный AMD-код на основе скалярного произведения	0,0625	0,0793	0,0723	0,0722
AMD-код на основе кодов Рида–Соломона	0,1250	0,1334	0,1586	0,1270
AMD-код на основе умножения в поле	0,0078	0,0119	0,0093	0,0099

Таблица 2. Сравнение скорости кодирования при обработке информации объемом 1 МБ при длине кодовых конструкций $n=12$ и размере информационной части $k=4$

Сравниваемые конструкции	Скорость кодирования в системе без вейвлетов	Скорость кодирования в системе с вейвлетными преобразованиями (ADV612)
Вейвлетный AMD-код на основе функции Майорана–МакФарланда	0,54 с	0,42 с

Сравниваемые конструкции	Скорость кодирования в системе без вейвлетов	Скорость кодирования в системе с вейвлетными преобразованиями (ADV612)
Вейвлетный AMD-код на основе скалярного произведения	0,56 с	0,51 с
AMD-код на основе кодов Рида–Соломона [13]	0,43 с	0,43 с
AMD-код на основе умножения в поле [14]	0,68 с	0,68 с

На основе результатов проведенных измерений можно сделать вывод, что разработанные конструкции вейвлетных AMD-кодов дают выигрыш в скорости кодирования в системах, использующих вейвлетные преобразования. Более того, вейвлетные AMD-коды проявляют устойчивость к неравномерному распределению кодовых слов и, следовательно, могут успешно применяться для защиты устройств кодирования в случаях, когда существует вероятность моделирования входных данных злоумышленником.

Заключение

В работе представлены разработанные новые конструкции «слабых» вейвлетных AMD-кодов. Использование разработанных кодов в системах с вейвлетными преобразованиями позволяет уменьшить вычислительную сложность процедур кодирования и декодирования. Предлагаемые методы кодирования являются более устойчивыми к алгебраическим манипуляциям, чем существующие AMD-коды, в частности, разработанные коды, являются более устойчивыми, чем AMD-коды, построенные на основе кодов Рида–Соломона.

Литература

1. Kocher P., Jaffe J., Jun B. Differential power analysis // In Advances in Cryptology CRYPTO 99, ser. Lecture Notes in Computer Science. – 1999. – V. 1666. – P. 789–789.
2. Skorobogatov S.P., Anderson R.J. Optical fault induction attacks // In Revised Papers from the 4th International Workshop on Cryptographic Hardware and Embedded Systems. Springer-Verlag. – 2003. – P. 2–12.
3. Bar-El H., Choukri H., Naccache D., Tunstall M., Whelan C. The sorcerer's apprentice guide to fault attacks // Proceedings of the IEEE. – 2006. – V. 94. – № 2. – P. 370–382.
4. Karpovsky M.G., Kulikowski K., Wang Z. Robust Error Detection in Communication and Computation Channels // Keynote paper, Int. Workshop on Spectral Techniques. – 2007. – P. 1–15.
5. Cramer R., Fehr S., Padro C. Algebraic manipulation detection codes // Science China Mathematics. – 2013. – V. 56. – № 7. – P. 1349–1358.
6. Zhen W., Karpovsky M. Algebraic manipulation detection codes and their applications for design of secure cryptographic devices // On-Line Testing Symposium (IOLTS), 2011 IEEE 17th International. – 2011. – P. 234–239.
7. Юдин М.Н., Фарков Ю.А., Филатов Д.М. Введение в вейвлет-анализ. Учеб.-практическое пособие. – Изд-во Моск. геологоразв. акад., 2001. – 72 с.
8. Levina A.B., Taranov S.V. Algorithms of Constructing Linear and Robust Codes Based on Wavelet Decomposition and its Application // Springer Book Codes, Cryptology, and Information Security. – 2015. – P. 247–258.

9. Levina A.B., Taranov S.V. Spline-wavelet robust code under non-uniform codeword distribution // IEEE Conference Publications Computer, Communication, Control and Information Technology (C3IT). – 2015. – P. 1–5.
10. Karpovsky M.G., Kulikowski K., Wang Z. On-Line Self Error Detection with Equal Protection Against All Errors // Int. Journal of Highly Reliable Electronic System Design. – 2008. – P. 124–130.
11. Karpovsky M.G., Wang Z. Design of Strongly Secure Communication and Computation Channels by Nonlinear Error Detecting Codes // IEEE Trans Computers. – 2013. – V. 63. – № 11. – P. 2716–2728.
12. Carlet C., Ding. C. Highly Nonlinear Mappings // J. Complexity Issues in Coding and Cryptography. – 2004. – V. 20. – P. 205–244.
13. Wang Z., Karpovsky M.G. Reliable and secure Memories based on algebraic manipulation correction codes // On-Line Testing Symposium (IOLTS), IEEE 18th International. – 2012. – P. 146–149.
14. Wang Z., Karpovsky M.G., Kulikowski K.J. Design of memories with concurrent error detection and Correction by non-linear SEC-DED codes // J. Electronic Testing. – 2010. – V. 5. – № 5. – P. 559–580.

УДК 33.334.72

ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

М.И. Левина

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

В условиях становления инновационной экономики основными факторами социально-экономического развития являются научно-технический прогресс, широкое распространение и использование инноваций, повышение роли и масштабов освоения интеллектуальной собственности. Специфика экономического пространства России с различными уровнями социально-экономического развития субъектов Федерации обуславливает необходимость разработки собственной модели перехода к инновационному типу экономики. Это становится возможным путем формирования каждым субъектом Федерации концепции развития инновационной сферы, учитывающей как региональные социально-экономические особенности, так и общее состояние и возможности инновационного потенциала. В настоящее время для перехода российской экономики на инновационный путь необходимо формирование и развитие механизма инновационного развития регионов и эффективной инновационной политики с учетом всех особенностей, присущих конкретному региону. В настоящий момент важной проблемой является отсутствие комплексных исследований по оценке инновационного потенциала и эффективности его использования. Разработан теоретико-методический инструментарий оценки инновационного потенциала экономических систем и стратегических направлений его развития, который позволяет определить направления развития и тактику его регулирования. Раскрыта сущность и содержание основных стадий, этапов анализа, отражающих формирование, развитие и функционирование инновационного потенциала.

Ключевые слова: инновации, экономические системы, инновационный потенциал, научно-технический прогресс, конкурс, правила, оформление, сборник.

В условиях становления инновационной экономики основными факторами социально-экономического развития являются научно-технический прогресс, широкое распространение и использование инноваций, повышение роли и масштабов освоения интеллектуальной собственности. В настоящее время для перехода российской экономики на инновационный путь необходимо формирование и развитие механизма инновационного развития регионов и эффективной инновационной политики с учетом всех особенностей, присущих конкретному региону.

Специфика экономического пространства России с различными уровнями социально-экономического развития субъектов Федерации обуславливает необходимость разработки собственной модели перехода к инновационному типу экономики. Это становится возможным путем формирования каждым субъектом Федерации концепции развития инновационной сферы, учитывающей как региональные социально-экономические особенности, так и общее состояние и возможности инновационного потенциала. При разработке стратегических решений необходимо располагать показателями, позволяющими оценить инновационный потенциал экономических систем и уровень его использования.

Тем не менее, в настоящий момент важной проблемой является отсутствие комплексных исследований по оценке инновационного потенциала и эффективности его использования. Актуальность обусловлена необходимостью разработки теоретико-методического инструментария оценки инновационного потенциала экономических систем, что позволит определить направления развития и тактику его регулирования.

Под экономическим потенциалом понимают совокупную способность отраслей народного хозяйства производить промышленную и сельскохозяйственную продукцию, осуществлять капитальное строительство, перевозки грузов, оказывать услуги населению в определенный исторический момент. Экономический потенциал определяется количеством трудовых ресурсов и качеством их профессиональной подготовки, объемом производственных мощностей промышленных и строительных организаций, производственными возможностями сельского хозяйства.

В целом существующие трактовки категории инновационного потенциала можно разделить на шесть разных подходов.

Первый подход отождествляет инновационный потенциал с понятиями научного, научно-технического, интеллектуального и творческого потенциалов.

Второй подход – ресурсный – рассматривает инновационный потенциал как упорядоченную совокупность ресурсов, обеспечивающих осуществление инновационной деятельности субъекта рынка. Использование ресурсного подхода имеет свои положительные стороны, так как с одной стороны, он позволяет дать оценку текущей ситуации развития инновационных процессов (выделить сильные и слабые стороны). С другой стороны, при взаимоувязке основных ресурсных составляющих инновационного потенциала с их пограничными характеристиками и целевыми ориентирами могут быть выявлены возможности реализации инновационных процессов в перспективе. Большинство отечественных авторов придерживаются именно ресурсного подхода в раскрытии содержания категории «инновационный потенциал».

Третий подход основан на разделении ресурсов инновационного потенциала на реализованные и нереализованные (скрытые) ресурсные возможности, которые могут быть приведены в действие для достижения конечных целей экономических субъектов. Данный подход уточняет ресурсный подход и пытается разделить имеющиеся ресурсные возможности инновационного развития экономической системы.

В рамках четвертого подхода инновационный потенциал рассматривается как мера способности и готовности экономического субъекта осуществлять инновационную деятельность. Под способностью понимается наличие и сбалансированность структуры компонентов потенциала, а под готовностью – достаточность уровня развития этих ресурсов.

Пятый подход следовало назвать результативным. Именно в нем инновационный потенциал раскрывается через анализ «выхода» инновационной деятельности и является отражением конечного результата реализации имеющихся возможностей (в виде нового продукта, полученного в ходе осуществления инновационного процесса). В то же время в нем не учитывается наличие и сбалансированность структуры

компонентов инновационного потенциала и достаточность уровня развития потенциала для формирования инновационной активности экономики.

Шестой подход, являющийся комбинацией ресурсного и результативного подходов, представляет собой совокупность инновационных ресурсов, предоставляемых в виде продукта инновационной деятельности, производственной сферы.

В результате анализа существующих подходов под инновационным потенциалом понимают сформировавшийся в недрах экономического потенциала структурный элемент, в котором сосредоточены качественные достижения отдельных отраслей народного хозяйства и их научно-технического потенциала, которые при определенных условиях могут способствовать повышению качественного уровня экономического развития, изменению структуры общественного производства в пользу увеличения доли наукоемких высокотехнологичных производств в валовом внутреннем продукте страны.

В настоящее время в научной литературе имеется достаточное количество исследований, отражающих отдельные аспекты изучаемой проблемы.

Целью настоящей работы являлась разработка теоретико-методического инструментария оценки инновационного потенциала экономических систем и стратегических направлений его развития.

В работе поставлены следующие задачи:

- провести системную классификацию составляющих инновационного потенциала экономических систем;
- проанализировать существующие методики оценки уровня инновационного потенциала экономических систем;
- разработать и апробировать методику оценки уровня инновационного потенциала экономических систем;
- проанализировать текущее состояние и динамику развития инновационной деятельности в Российской Федерации;
- предложить комплекс взаимосвязанных мероприятий по обеспечению развития и эффективности использования инновационного потенциала экономических систем.

Объектом исследования стали процессы формирования и развития инновационного потенциала экономических систем.

Предметом исследования явились экономические отношения, возникающие в процессе формирования и развития инновационного потенциала экономических систем.

Мониторинг состояния и тенденций развития инновационного потенциала экономической системы предполагает количественную оценку определенных показателей, в совокупности представляющих инновационный потенциал. В современной мировой практике существует значительное число различных показателей, оценивающих уровень развития инновационной деятельности – начиная с оценки человеческого капитала, показателей, измеряющих знания, НТП, и заканчивая отдельными показателями фондового рынка. Различные международные организации разрабатывают собственные системы показателей, отражающих уровень инновационного потенциала страны (региона). В качестве таких примеров можно привести следующие системы показателей:

1. индекс научно-технического потенциала (Всемирный экономический форум) как составляющая интегрального показателя оценки уровня конкурентоспособности страны;
2. система показателей оценки инновационной деятельности Комиссии европейских сообществ, используемая для сравнительного анализа оценки развития

инновационной деятельности в странах Европейского Союза, а также сопоставление их с показателями США и Японии;

3. ежегодно публикуемые Организацией экономического сотрудничества и развития показатели, характеризующие уровень и динамику развития инновационной экономики по развитым и отдельным развивающимся странам.

Литература

1. Бамбаева Н.Я., Уринсон М.Я. Статистический анализ инновационного потенциала Российской Федерации // Вопросы статистики. – 2008. – № 7. – С. 15–19.
2. Бендиков М.А., Фролов И.Э. Инновационный потенциал и модернизация экономики: отечественный и зарубежный опыт // Менеджмент в России и за рубежом. – 2006. – № 1. – С. 17–37.
3. Капреева Е.Г. Инновационный потенциал как основа развития региональных инновационных систем // Инновационная деятельность. – 2009. – № 31. – С. 24–30.
4. Максимов Ю., Митяков С., Митякова О., Федосеева Т. Инновационное развитие экономической системы: оценка инновационного потенциала // Инновации. – 2006. – № 6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://innov.etu.ru/innov/archive.nsf/0d592545e5d69ff3c32568fe00319ec1/d0ba6187abac361cc32573450040beb5?OpenDocument>, своб.
5. Сердюков Ю.С., Валиев О.В., Суслов Д.В., Старков А.В. Инновационная система в регионах России: оценка состояния и развития // Регион: экономика и социология. – 2010. – № 1. – С. 179–197.

УДК 141.3

СОВРЕМЕННАЯ КАРТИНА МИРА: ПОСТМОДЕРНИЗМ VS ПОСТРОМАНТИЗМ

А.А. Львов

В работе рассмотрен феномен постмодернизма как объективная ступень современного философского развития и возможный способ его преодоления. Выявлены методологические основания современного состояния мысли. Предложена альтернативная постмодернизму концепция постромантизма, раскрывающая существо актуальной политической репрезентации субъекта.

Ключевые элементы дискурса Нового времени образуют сеть, в которой политическое пространство осмысливается как медийное и ставится в определенную зависимость от техники как в смысле политтехнологии и политической практики, так и в смысле технического обеспечения медийного пространства. Ярким примером такого пространства в частной и повседневной жизни представляют собой социальные сети, которые создают, или задают определенный, особый тип мышления, и заставляют изменить наши прежние традиционные представления о реальности и репрезентации. В научном пространстве, как отмечают Б. Латур и С. Вулгар, принципиальную роль в Новое время играют, так называемые, *не-человеки* (non-humans), некие медиаторы, задача которых уравнивать или универсализировать, во-первых, итоги эксперимента, который может быть проведен любым человеком *caeteres paribus*; во-вторых, наблюдателей, которые могут в иных случаях различаться; в-третьих, предмет эксперимента, его проблему, которой *при прочих равных условиях* могло бы вообще не быть [1]. С другой стороны, любопытную трактовку новоевропейского политического пространства предлагает Ф. Анкерсмит. Исследовав стратегии классической

политической репрезентации, он пришел к выводу о том, что демократия является порождением романтизма, а также указал на то, что возможности демократии, сформулированные еще эпохой романтизма, достигли своего развития в мире постмодерна [2, С. 197]. Демократия успешна как политическая система, по мысли Анкерсмита, только в том случае, если общество внутри самого себя разделено и содержит противоположность само в себе [2, С. 177]. В связи с этим следует предложить некоторый выход из этой ситуации в виде проекта *эстетической политики*, переосмысляющий самый принцип политической репрезентации [2, С. 130]. Такой подход еще более интересен в свете проекта археологии гуманитарного знания, который предлагает нам творчество Мишеля Фуко.

Работы М. Фуко ставят под сомнение многие достижения наук о человеке и обществе с точки зрения как методологии, так и способа артикуляции знания. Исследователи отмечают, что изначально главной линией своего творчества он считал «преодоление не удовлетворявшей его интеллигентной универсальности гегельянства и коренное переосмысление взаимоотношений элементов системы «субъект–познание–мир» [3, С. 10]. Затем, однако, изучение им интеллектуальной почвы классической эпохи (XVI–XVII веков) показало, что знание существует в научном и культурном, а главное – также социальном и политическом пространстве этой цивилизации как констелляция, или ансамбль (излюбленный термин самого Фуко) дисциплинарных и когнитивных практик. Для того чтобы определить самый смысл современного гуманитарного знания, следовательно, необходимо провести археологическое исследование изначальных пластов человеческого знания, исследовать классические познавательные установки и социально-дисциплинарные институты на заре Нового времени. А.С. Колесников указывает, что для этого М. Фуко вводит понятие эпистемы, под которой понимает некую особую конфигурацию «слов», «вещей» и «представлений», которая задает определенные условия для формулирования точек зрения, артикуляции знания и частных наук, характерных для данной исторической эпохи [3, С. 13].

Очевидно при этом, что особенно пристальное внимание необходимо уделить в подобном проекте самому понятию истории. Мы помним, что история есть один из ключевых элементов неклассического философствования, который непосредственно связан с пониманием современности. Более того, современность только и становится современностью в рамках истории, причем именно в новоевропейском ее понимании. М. Фуко прямо указывает на ту отличительную особенность истории XIX века, которую мы пытались обосновать, полагаясь на исследование пяти ключевых фигур неклассического философского дискурса: «Начиная с XIX века, обнаруживается прежде всего человеческая историчность в ее обнаженной форме – тот факт, что человек, как таковой, зависит от обстоятельств. Отсюда стремление найти законы этой чистой формы <...>, либо определить ее на основе того факта, что человек живет, трудится, говорит и мыслит: таковы интерпретация Истории на основе человека, рассматриваемого либо как вид существ, либо на основе экономических законов или культурных ансамблей» [4, С. 388–389]. Мы видим, следовательно, что антропологический аспект неклассического способа философствования заключается не только в специфическом понимании истории как такой среды, в которой человек реализует свои биосоциальные потенции вполне, но и в том смысле, который сама история сообщает человеку в силу его обусловленности. Человек, по мысли Фуко, оказывается объектом внимания целой сети дисциплинарных практик, а также (в позднем своем творчестве, например, в курсе лекций «Герменевтика субъекта») практик себя [5, С. 51]. В этом отношении нельзя не заметить и характерный для именно новоевропейской истории концептуализирующий подход к антропологической проблематике – История (в данном случае, мы, вслед за Фуко, пишем ее с прописной

буквы) предоставляет человеку невиданный ему до сих пор статус парадоксального «бесконечного конечного», того, кто выходит за пределы своей темпоральности в контексте именно своего исторического (а в терминах Ницше, очевидно, инспирировавшего ход такого размышления, – над-исторического) бытия: «Пожалуй, именно здесь, в конкретных формах бессознательного и Истории, мы обнаруживаем две грани того конечного человеческого бытия, которое, обнаружив в себе свое собственное основание, выявило в XIX веке образ человека: некую конечность без бесконечности, т.е. конечность, никогда не кончающуюся, которая всегда держится на расстоянии от самой себя, которой всегда есть о чем помыслить даже в тот момент, когда она уже мыслит, и у которой всегда есть время, чтобы переосмыслить то, что она уже помыслила» [4, С. 390].

Сопоставляя мысль Ф. Анкерсмита о проекте *эстетической политики* с контекстом мысли М. Фуко, мы приходим к выводу о том, что в потоке новоевропейского дискурса неклассической философии имеет смысл выделить *постромантическую* тенденцию. Эта тенденция принципиальным образом связана с преодолением сложившихся под влиянием творчества романтиков, прежде всего с возвращением к урокам Макиавелли об особой внеэтической модальности политического пространства и завершением идеи противопоставления человека трансцендентному Абсолюту. Нисходящая трансценденция, укрепляющаяся вследствие развития *media-среды*, служит продолжением процесса секуляризации. Не вдаваясь в критику секуляризации, отметим, вслед за Ю. Хабермасом, основные ее смыслы: «В Европе понятие «секуляризация» вначале имело юридический смысл присвоения при помощи силы церковной собственности светским государством. Это значение затем расширилось, чтобы вобрать в себя подъем и развитие культурной современности в целом. С тех пор «секуляризация» становится субъектом противоречивых оценок, зависящих от того, является ли главным ее свойством успешное *приручение* церковной власти, или же акт незаконного *присвоения*. В соответствии с первым прочтением – «приручением» – религиозные способы мышления и образы жизни *замещены* рациональными в любом случае превосходящими их эквивалентами; что же до второго прочтения – «кражи» – эти современные способы мышления и образы жизни *дискредитированы* как незаконно присвоенные вещи. Модель замещения предполагает прогрессивистскую интерпретацию с точки зрения расколдованной современности, в то время как модель присваивания ведет к интерпретации с точки зрения теории упадка, т.е., бесприютной современности» [6, С. 103–104]. Понятно, что секуляризация гораздо более сложное явление, нашедшее свое отображение в культуре Нового времени; однако именно стратегии *постромантической* тенденции выражают как неизбежную гибель Бога – главного соперника романтического художника, видящего свое *alter ego* в образе Сатаны, – так восстановление на прежде его месте человека, т.е., возвращение к ренессансному принципу антропоцентризма. Приведем здесь один иллюстративный пример, позаимствованный нами из «Одномерного человека» (1964) Г. Маркузе. Он указывает, что для выявления ослабления «бунта инстинктов против утвердившегося Принципа Реальности посредством управляемой десублимации», необходимо обратиться к контрасту, который представляет романтическая литература начала – середины XIX столетия, где «господство Эроса изначально слито с Танатосом», и *постромантической* (пользуясь нашим термином) литературой XX столетия, в которой «буйным цветом цветет десублимированная сексуальность. Здесь гораздо меньше ограничений и больше реалистичности и дерзости. Это неотъемлемая часть общества, но ни в коем случае не его отрицание. Ибо то, что происходит, можно назвать диким и бесстыдным, чувственным и возбуждающим или безнравственным – однако именно поэтому оно совершенно безвредно» [7, С. 112–113].

Мы предпочитаем термин *постромантизм* понятию *постмодернизм*, поскольку нам он представляется более точным и содержательным. Гибель грандиозных проектов эпохи Нового времени и добровольный отказ от утверждения систем мысли и науки качественно не изменил ни того, как мы что-либо знаем, ни того, что мы собственно знаем. Ж.-Ф. Лиотар в своей знаменитой книге «Состояние постмодерна» (1979) утверждает, что обращение к великим, грандиозным рассказам классического Нового времени исключено; мы не способны теперь обратиться ни к диалектике Духа, ни к эмансипации человечества в качестве оправдания научного дискурса постмодерна. Напротив, именно «маленький рассказ» остается образцовой формой творческого и, главным образом, научного воображения [8]. Однако мы до сих пор, спустя почти полвека после этого интеллектуального ультиматума, не изменили ни дискурс научного исследования, ни дискурс образовательной практики. Правда, *media* захватывает нас все больше и больше, нам как *не-media* (перефразируя понятие «не-человеков» Б. Латура) остается все меньше и меньше места в пространстве культуры, принимающей все более ярко выраженные медийные формы.

Корни романтической традиции следует искать у И.Г. Фихте (1762–1814). Гегель в лекциях по истории философии указывает на него как на предшественника Новалиса (1772–1801), Шлегелей и Шлейрмахера. Здесь важно схватить то, что Гегель называл «несчастливым сознанием». Нередко несчастное сознание рассматривается в качестве образа именно романтического героя, понимающего свою обреченность и одиночество в мире. Нидерландский исследователь Л. Хейде указывает, что суть несчастного сознания заключается в постижении им своей конечности, а от знания о своей конечности оно уже свободно быть не может. Интересно, что подобные симптомы Л. Хейде обнаруживает и во всей новоевропейской культуре: «В этом отношении несчастное сознание служит *парадигмой* для опыта конечности, характерного для эпохи модерна. Это не голый опыт конечности, понимающей, что жизнь недолговечна, и не та конечность, что смирилась сама с собой. Это и не род наивного переживания конечности. В нем нет ничего от банального, плоского позитивизма. Модернистский (постмодернистский) опыт конечности уже лишен непосредственности, или наивности. В нем появилась проблемность. Он приобрел трагические, порой, даже героические черты» [9]. Мы не можем не вспомнить в связи с этим и термин *счастливого сознания*, предложенного Г. Маркузе для описания современного институционализированного и одномерного мышления. Положение, с которого для Гегеля начинается скорбь сознания [9], для представителя общества благоденствия есть условие существования в достатке и гармонии с процессами производства и потребления: смерть Бога – не событие фундаментальной значимости, влекущее за собой качественное изменение субъекта, а залог существования десублимированного набора индивидов, способных выполнять несложные однообразные функции. Никаких альтернатив такое общество не приемлет – ни в сфере тела, ни в сфере духа [7, С. 115].

Таким образом, мы полагаем, что «постмодернистский» проект общества благоденствия, обнаруживающий свой интерес в теле и телесном, в практиках удовольствий, сопряженных с сексуальностью и десублимированным эротизмом, удобнее и правильнее именовать *постромантическим* проектом, в котором всякое «Я» романтиков, искавших свою родину в сфере духа, преодолено как его противоположность.

Литература

1. Latour B., Woolgar S. *Laboratory Life: The construction of scientific facts.* – New Jersey: Princeton University Press, 1986. – 296 p.

2. Анкерсмит Ф.Р. Эстетическая политика. Политическая философия по ту сторону факта и ценности / Пер. с англ. Д. Кралечкина; под науч. ред. И. Борисовой; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2014. – 432 с.
3. Фуко М. Археология знания / Пер. с фр. М.Б. Раковой, А.Ю. Серебрянниковой; вступ. ст. А.С. Колесникова. – СПб.: ИЦ «Гуманитарная Академия»; Университетская книга, 2004. – 416 с.
4. Фуко М. Слова и вещи. Археология гуманитарных наук. – СПб.: А-сэд, 1994. – 408 с.
5. Дьяков А.В. Мишель Фуко: о «смерти человека», о свободе и о «конце философии» // Вестник истории и философии КГУ. Серия «Философия». – 2008. – № 2. – С. 45–53.
6. Habermas J. The Future of Human Nature. – Polity, 2003. – 136 p.
7. Маркузе Г. Одномерный человек. – М.: АСТ; АСТ МОСКВА, 2009. – 331 с.
8. Лиотар Ж.-Ф. Состояние постмодерна [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://booksonline.com.ua/view.php?book=61790&page=20>, своб.
9. Хейде Л. Автономность и несчастное сознание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ruthenia.ru/logos/number/1999_09/1999_9_01.htm#_ftn6, своб.

УДК 004.056

ОЦЕНКА АКТУАЛЬНОСТИ УГРОЗЫ ВНЕДРЕНИЯ И ЗАПУСКА ВРЕДОНОСНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Т.А. Маркина

В работе предложены подходы к количественному оцениванию актуальности угрозы (задачи защиты от вредоносных программ). Для оценивания актуальности задачи защиты от внедрения и запуска вредоносных программ была использована модель атаки, как последовательность реализаций угроз на орграфе, где каждая угроза характеризуется вероятностью ее отсутствия.

Ключевые слова: информационная безопасность, граф атаки, информационная система, средство защиты информации.

Введение

Прежде всего следует рассмотреть насколько задача защиты от вредоносных программ актуальна для информационной системы в целом с учетом множества иных угроз, так или иначе эксплуатируемых атаками.

Оценка актуальности. Для оценки актуальности угрозы в информационной системе, в том числе рассматриваемой угрозы внедрения и запуска вредоносной программы, используем математическую модель, основанную на представлении атаки в виде реализации последовательности угроз на ориентированном графе (рис. 1). В результате успешной атаки будет хищение (кража) или модификация информации, отказ в доступе к информационной системе или отказа операционной системы.

Для того чтобы совершить переход из начального состояния «З» в конечные состояния «Ц₁», «Ц₂» и «Ц₃» злоумышленник должен реализовать все угрозы на его пути следования.

Пусть вероятность защищенности от угрозы равна p_{0y_i} . Тогда каждая угроза будет реализована с вероятностью $1-p_{0y_i}$.

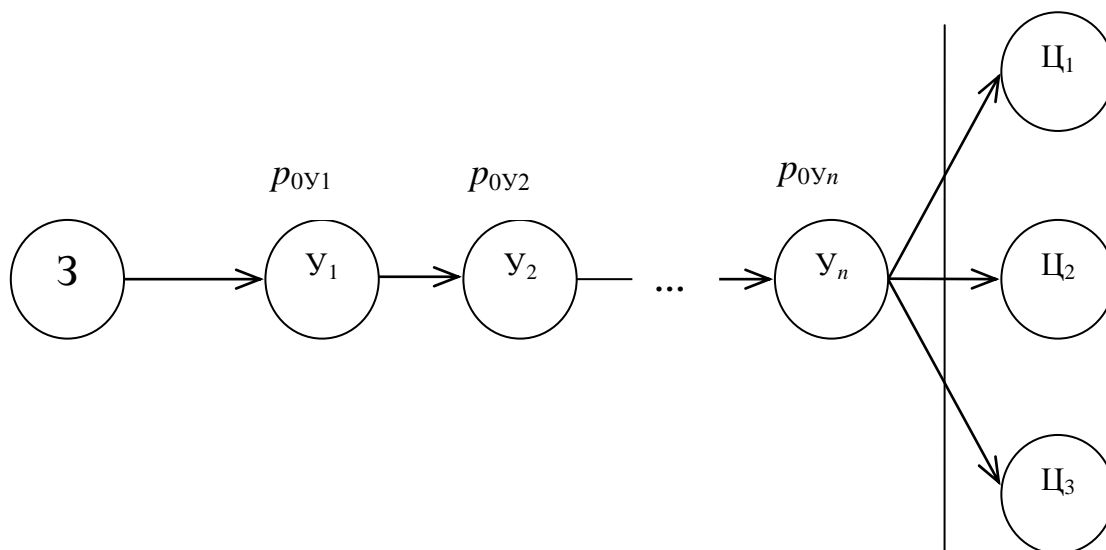


Рис. 1. Представление атаки на графе: З – злоумышленник; $У_i$, где i от 1 до n – реализация угрозы с заданной вероятностью; Ц₁ – хищение (кража информации); Ц₂ – модификация информации; Ц₃ – отказ в доступе

Рассмотрим данное представление атак с точки зрения теории надежности: так как злоумышленнику необходимо реализовать всю последовательность угроз, то существует так называемая «резервная» угроза, соответственно граф на рис. 1 преобразуется в схему структурного резервирования и принимает вид (рис. 2).

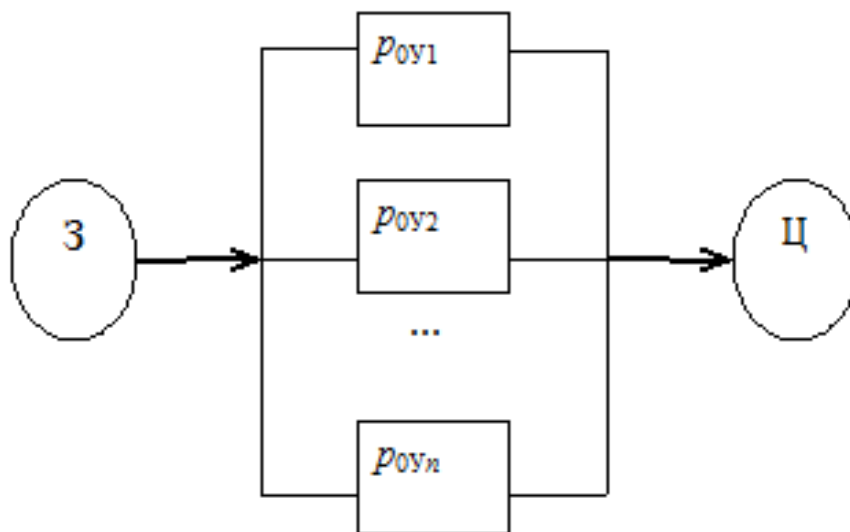


Рис. 2. Схема параллельного резервирования: З – злоумышленник; $У_i$, где i от 1 до n – реализация угрозы; Ц – цели: хищение (кража информации), модификация информации, отказ в доступе

Получаем следующую расчетную формулу построенной модели, позволяющую оценить вероятность осуществления атаки:

$$P_{\text{осущ.а}} = \prod_{i=1}^n (1 - p_{0y_i}). \quad (1)$$

Теперь получим модель защищенной от атаки информационной системы. Для этого следует преобразовать схему на рис. 2, добавляя средство защиты как еще один резервный элемент с соответствующей вероятностью отсутствия угроз в системе защиты информации (СЗИ) $p_{\text{осзи}}$.

Из схемы получаем следующую расчетную формулу построенной модели, позволяющую оценить вероятность осуществления атаки:

$$P_{\text{Осущ.а}} = (1 - P_{\text{ОСЗИ}}) \prod_{i=1}^n (1 - P_{\text{ОУ}i}). \quad (2)$$

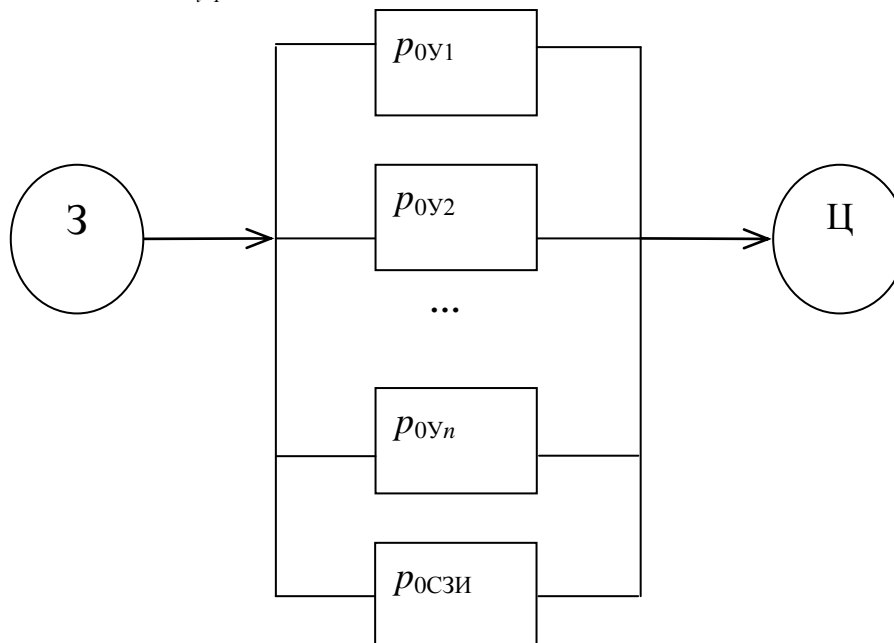


Рис. 3. Схема параллельного резервирования с добавлением СЗИ

Из схемы (рис. 3) и формулы (2) видим, что не имеет значения какую угрозу следует нивелировать и соответственно куда ставить СЗИ. Исходя из этого утверждения следует вывод о том, что нужно защищать информационную систему от наиболее эксплуатируемой угрозы.

На данный момент актуальной угрозой считается та, вероятность возникновения которой наибольшая.

Введем новое определение актуальности угрозы. Исходя из идеи, что не имеет значения, куда ставить СЗИ, получаем, что актуальна та угроза, нивелирование которой приводит к нивелированию максимального числа атак. Основываясь на статистических данных – данной угрозой является вредоносные программы.

Актуальность угрозы характеризуют число атак, позволяющих перейти в данное состояние и число атак, переходящих из данного состояния. Для начала выбираем угрозы с максимальным количеством атак, переходящих в данное состояние, после этого, если есть угрозы с одинаковым количеством переходов в данное состояние, выбираем угрозу с максимальным количеством атак, переходящих из данного состояния. Исходя из этого введем критерий актуальности угрозы, который следует определять по формуле:

$$K_a = US, \quad (3)$$

где U – количество атак, входящих в вершину угрозы на орграфе; S – количество атак, исходящих из вершины угрозы на орграфе.

В данной формуле большой вес имеет параметр S : чем больше переходов из данного состояния совершается, тем чаще его будут эксплуатировать.

Согласно отчетам компаний ESET [1], Cisco [2], Лаборатории Касперского [3] большинством атак за прошедший 2013 год использовались вредоносные программы. На основе данной информации, представим несколько атак, использующих вредоносные программы, на одном графе (рис. 4).

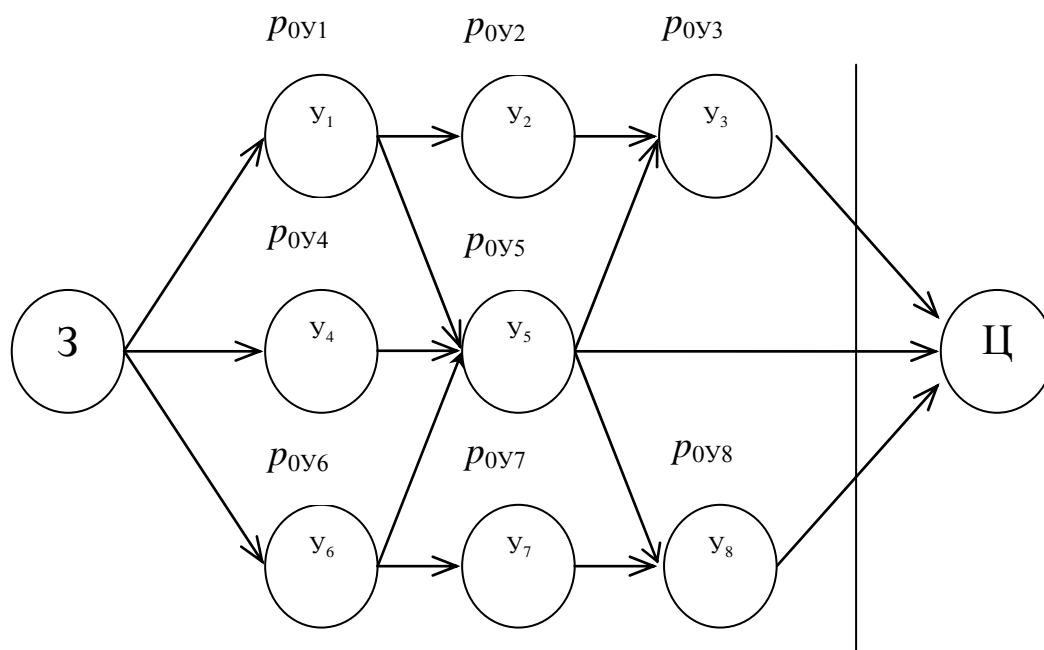


Рис. 4. Представление нескольких атак, использующих одну угрозу, на графе: З – злоумышленник; Y_i , где i от 1 до n – реализация угрозы с заданной вероятностью; Y_1 – угроза взлома веб-сайта или сервера; Y_2 – угроза вскрытия или перехвата паролей; Y_3 – угроза компрометации файлов ОС; Y_4 – угроза социальной инженерии; Y_5 – угроза внедрения вредоносного ПО; Y_6 – угроза повышения привилегий; Y_7 – угроза уязвимости в протоколе сетевого взаимодействия; Y_8 – угроза уязвимости в сети; Ц – цели: хищение (кража) или модификация информации, отказ в доступе

Представим, что на рис. 4 нивелируем угрозу один (Y_1), тогда K_a будет равен 4, если нивелировать угрозу пять (Y_5), тогда K_a будет равен 9 и соответственно будут нивелированы девять атак. В результате получаем, что актуальная угроза та, у которой наибольшее количество переходов в и из данного состояния. Данный результат предсказуем и просто объясним, поскольку для того, чтобы злоумышленнику совершить атаку, ему нужен некий инструментарий. Именно вредоносная программа предоставляет данное средство, чтобы дальше осуществлять атаку.

Заключение

Основные результаты:

1. Проведена оценка актуальности задачи защиты от внедрения и запуска вредоносных программ с использованием математической модели атаки, как схемы параллельного резервирования.
2. Предложена количественная оценка актуальности. На существующих статистиках показано, что наиболее актуальна для защиты в современных системах угроза внедрения и запуска вредоносной программы.

Литература

1. Итоги 2013: угрозы и эксплуатация Windows [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/company/eset/blog/209694/>, своб.
2. Cisco 2014 Annual Security Report [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.cisco.com/web/offer/gist_ty2_asset/Cisco_2014_ASR.pdf, своб.
3. Kaspersky security bulletin 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://media.kaspersky.com/pdf/KSB_2013_RU.pdf, своб.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ДИНАМИЧЕСКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПЛОДОВ ЛИМОНА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НАПИТКОВ С МЯКОТЬЮ

Л.В. Минаева

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

В работе показан анализ, проведенный при исследовании процесса динамического измельчения плодов и овощей лезвийным инструментом, описаны спроектированный аппарат для измельчения плодов и овощей с помощью вращательного движения ножевого органа и разработанная конструкция серповидного ножевого органа. Рассмотрены физико-механические и структурные свойства пищевых продуктов, влияющие на ход процесса измельчения, рассмотрена физическая модель плода лимона как упруговязкого тела. Найдена оптимальная форма режущего ножа, позволяющая интенсифицировать процесс. Описана экспериментальная часть проекта с указанием изменяющихся и постоянных параметров процесса измельчения. Помимо этого представлен процесс моделирования измельчения плодов лимона лезвийным ножевым органом с помощью нейронной модели на основе экспериментальных данных, полученных в процессе измельчения, с помощью которого были определены оптимальные параметры измельчения, позволяющие определить влияние конструктивных и технологических параметров на характеристики процесса измельчения и выявить наиболее значимые из них.

Введение

Рынок безалкогольных напитков – один из самых динамично развивающихся на фоне других продовольственных товаров. Говоря более подробно о российском рынке безалкогольных напитков, стоит отметить, что самыми емкими категориями остаются газированные напитки, соки/нектары и бутилированная вода.

Сокодержательные напитки являются популярными практически во всех странах мира. Особым спросом пользуются фруктовые, овощные и ягодные напитки. Также производятся напитки с соком из листьев, стеблей и даже корней различных растений. Так, соки из стеблей сельдерея или корня имбиря пользуются популярностью у последователей здорового образа жизни.

В последнее время широкое распространение получило производство безалкогольных прохладительных напитков, исходным сырьем для которых служат вода и вкусовые наполнители, в качестве которых использовались искусственные добавки. Применение натуральных фруктов, в замену искусственных, позволит увеличить качество, безопасность, органолептические свойства продукции.

Эксперты считают, что у рынка безалкогольных напитков имеется потенциал для роста. Во-первых, важным фактором является рост численности населения. Во-вторых, стремление россиян к здоровому образу жизни позволит расти рынку безалкогольных напитков, например, за счет овощных напитков, а также готовых напитков и коктейлей на основе молока и какао. В-третьих, благоприятным фактором является возврат к русским традициям – потреблению квасных напитков, морса, «советского» лимонада. В-четвертых, на рынке позитивно сказывается увлечение потребителей новыми видами безалкогольной продукции – наблюдается рост потребления воды с вкусовыми добавками и сокодержательными напитками.

Интенсификация технологических процессов является одним из основных направлений технического прогресса в пищевой промышленности [1].

Измельчение осуществляется под действием внешних сил, которые преодолевают силы взаимного сцепления частиц материал. Куски твердого материала при дроблении первоначально подвергаются объемной деформации, а затем разрушаются с

образованием новых поверхностей по ослабленным дефектам (микро- и макротрещинам) сечений.

Операции резания и измельчения продуктов весьма разнообразны. Наряду с качеством исходного сырья процесс приготовления пюре для смузи оказывает существенное влияние на качество готового продукта. В связи с этим разработка измельчающих машин должна проводиться на основании детальных исследований процесса резания, лабораторных и производственных испытаний конструкций и режимов работы их рабочих органов [2].

Машины, использующие способ измельчения резанием, получили наибольшее распространение, так как резание, по сравнению с разрушением материала смятием или ударом, является наименее энергоемким [3].

Основной текст

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 интенсификации режимов процесса измельчения.

Применение процессов резания с помощью лезвия позволяет установить сходство основных физико-механических свойств материалов, по отношению к которым рационально применим данный вид обработки. В основном – это мягкие материалы, представляющие собой животную или растительную ткань, синтетические или переработанные естественные материалы, близкие к ним по своим физико-механическим свойствам.

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

В большинстве случаев в практике для измельчения плодов и овощей, в том числе модели упруговязкого тела, используют прямолинейные ножи и, реже, ножи с лезвиями, имеющими другое очертание.

Для определения формы ножа, которая обеспечивает наименьший расход энергии в процессе резания, минимальное защемление материала режущей кромкой по всей рабочей длине лезвия и неравномерность нагрузки на вал, проводилось аналитическое исследование аппаратов, реализующих плоско-вращательное движение различных форм ножей. Из всех криволинейных форм, наиболее предпочтительной оказалась форма развертки окружности. С производственной точки зрения она несколько сложнее прямолинейной, но значительно проще других криволинейных форм.

Экспериментальные исследования проводились на оборудовании, в основу которого положен сверлильный станок ДМ-13. Установка для проведения процесса измельчения представлена на рисунке.

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. Вал режущего органа получает вращающий момент от асинхронного электродвигателя через повышающую клиноременную передачу и муфту. Вал с помощью зажимного ключевого патрона закрепляется в аппарате и является съемным.

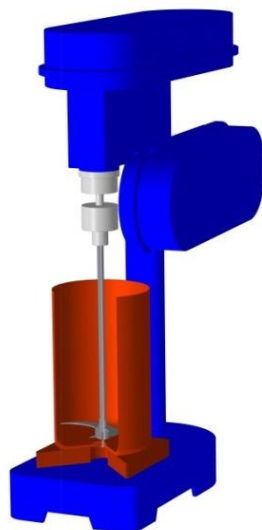


Рисунок. Установка для проведения процесса измельчения

Проектируемая установка предназначена для измельчения лимонов с цедрой до размеров, не превышающих 2 мм, с рабочей частотой 2400 об/мин.

При проведении эксперимента спроектирован основной рабочий орган, представляющий собой комплект ножей серповидной формы, расположенных со смещением плоскостей ножей друг относительно друга на 90°. Помимо этого ножи имеют геометрическое подобие и расположены с зазором между собой [4].

Опыты проводились на основании разработанной рецептуры для лимонного напитка без добавления плодово-ягодного сиропа. Объем готового напитка по рецептуре составляет 500 мл.

Была проведена серия экспериментов при неизменных технологических характеристиках оборудования и параметрах исследуемого объекта, при проведении которых изменяемыми параметрами являлись время измельчения самого продукта (лимона), а также изменение порционного количества воды и время ее добавления при проведении единичного эксперимента [5].

Помимо этого были проведены опыты, показывающие изменение степени измельчения продукта в зависимости от частоты движения рабочего органа, высоты дежи аппарата и количества ножей в измельчающем устройстве.

При проведении экспериментов для соблюдения их чистоты количество опытов в каждом случае было не менее трех.

Заключение

В результате работы приведены данные, позволяющие совершенствовать технологию измельчения плодов, обеспечивающую необходимую степень измельчения исходного сырья и улучшения качественного состава получаемого продукта, а также совершенствовать рабочий орган и параметры аппарата.

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 [6].

Нейронные сети – исключительно мощный метод моделирования, позволяющий воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости. В частности, нейронные сети эффективны при изучении процессов, нелинейных по своей природе.

Эти выводы очень важны при переходе к планированию эксперимента, поскольку позволяют исключить из всего множества влияющих параметров заведомо несущественные.

В дальнейшем планируется провести моделирование процесса на основе полученных данных с использованием системы моделирования COMSOL Multiphysics и системы нечеткой логики и нахождение оптимальных условий эксперимента. В последствии планируется проведение более обширных экспериментальных исследований и последующая модернизация режущего устройства, системы управления и дизайна аппарата.

Литература

1. Резник Н.Е. Исследование кромки лезвия путем растровой электронной микроскопии // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства». – 1955. – № 5. – С. 9–12.
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. – № 1(88). – С. 90.
3. 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.
4. Минаева Л.В., Минаева Т.В., Синявский Ю.В. Интенсификация процесса измельчения плодов и овощей при производстве напитков с мякотью // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений. – 2013. – С. 295–297.
5. Минаева Л.В., Минаева Т.В., Синявский Ю.В. Совершенствование процесса измельчения плодов при производстве напитков с мякотью // Энергетика, информатика, инновации. – 2013. – С. 228–231.
6. Алексеев Г.В., Хрушкова Е.Н., Красильников В.Н. Возможности применения мембранных процессов для производства продуктов функционального назначения // Вестник Международной академии холода. – 2010. – № 3. – С. 32–37.

УДК 67.05

РАЗРАБОТКА АППАРАТА ОХЛАЖДЕНИЯ И КРАТКОВРЕМЕННОГО ХРАНЕНИЯ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Т.В. Минаева

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

В работе рассмотрены особенности и закономерности, связанные с хранением плодов и овощей, и предложена конструкция аппарата, способствующая кратковременному хранению плодов и овощей с минимизацией потерь продукта. Были проведены расчеты, позволяющие поддерживать необходимые условия внутри рабочей камеры, и смоделированы тепловые потоки с использованием программной среды COMSOL Multiphysics.

Введение

Фрукты и овощи – жизненно необходимые продукты питания человека. При сравнительно невысокой энергетической ценности они являются одним из основных источников витаминов, минеральных солей, органических кислот, ароматических веществ, клетчатки и легко усваиваемых организмом углеводов. Потребление их должно быть равномерным в течение всего года. Наряду с дальнейшим увеличением производства плодов, первостепенное значение приобретает поиск путей сокращения

потерь и сохранения качества плодов на всех этапах: производства, хранения и доведения до потребителя [1].

Среди пищевых продуктов свежие плоды и овощи как объекты хранения занимают особое место. Это обуславливается, прежде всего, тем, что они являются живыми организмами, в которых происходят сложные процессы жизнедеятельности, не прекращающиеся на всех этапах их хранения – в пути, хранилищах, домашних условиях [2].

Существуют некоторые общие закономерности, определяющие взаимосвязь сохраняемости свежих плодов и овощей с условиями окружающей среды. Это касается физических изменений, происходящих при хранении плодов и овощей, изменений их потребительных свойств, физиолого-биохимических процессов, важнейшим из которых является дыхание. Разумное регулирование указанных процессов с целью снижения потерь и сохранения качества плодов и овощей вплоть до их употребления лежит в основе практических способов и режимов хранения этих продуктов [1].

Основной текст

Основная задача хранения заключается в создании условий, поддерживающих жизнедеятельность плодов в течение длительного времени на уровне, обеспечивающем их медленное дозревание и задерживающем процессы старения, без значительного снижения ценных потребительских качеств, с сохранением максимальной устойчивости против паразитарных и физиологических заболеваний [3, 4].

На основе рассмотрения существующих методов и аппаратов для охлаждения и хранения плодов и овощей можно сделать вывод, что наиболее востребованной является устранение проблемы поддержания требуемых условий хранения в течение необходимого времени. Также наблюдается тенденция разработки аппаратов, отвечающих повышенным требованиям надежности, удобства в эксплуатации. Но основополагающим при разработке аппаратов для охлаждения и хранения овощей и фруктов является уменьшение потерь продукта в процессе хранения.

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

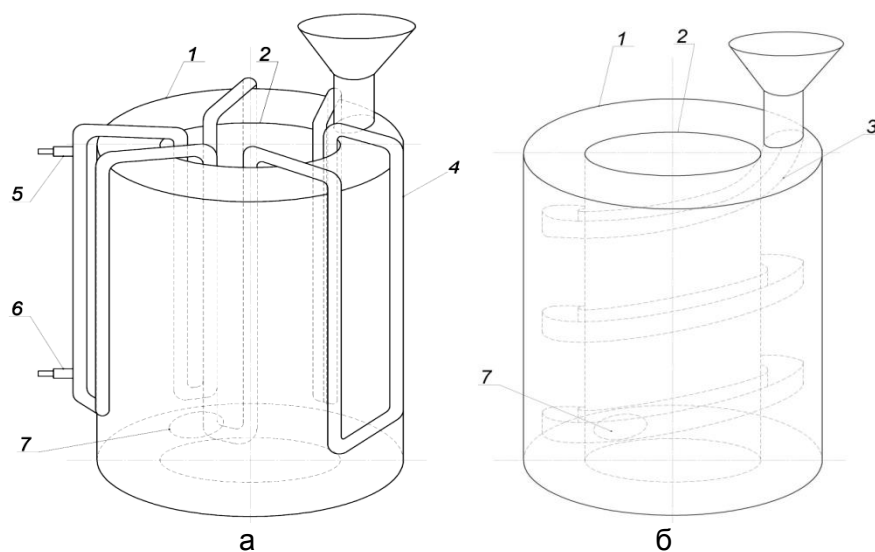


Рис. 1. Устройство для кратковременного хранения фруктов и овощей, общий вид (а) и рабочая камера аппарата (б) без охлаждающей рубашки:

- 1 – внешняя стенка камеры; 2 – внутренняя стенка камеры; 3 – винтовая спираль;
- 4 – охлаждающая рубашка; 5 – штуцер подачи хладагента; 6 – штуцер отвода хладагента; 7 – разгрузочное отверстие

В результате проведенной работы разработана конструкция аппарата охлаждения и кратковременного хранения плодов и овощей. Разработанное техническое решение направлено на повышение эффективности охлаждения продукта без подмораживания, что уменьшает долю потерь продукта и имеет конструкцию, предотвращающую слеживание продукта в процессе хранения. Разработанная конструкция может быть использована как полноценный аппарат или в качестве узла в более сложном оборудовании.

На рис. 1 схематически изображено предлагаемое устройство, общий вид и рабочая камера 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 [5].

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 [5].

Разработанный аппарат является новой полезной моделью, на которую получен патент № 141084 РФ, МКИ F25D13/06 Устройство для хранения фруктов и овощей.

Данная конструкция повышает возможности устройства для хранения фруктов и овощей, снижая их порчу в процессе хранения без слеживания и подмораживания, и позволяет снизить потери продукта.

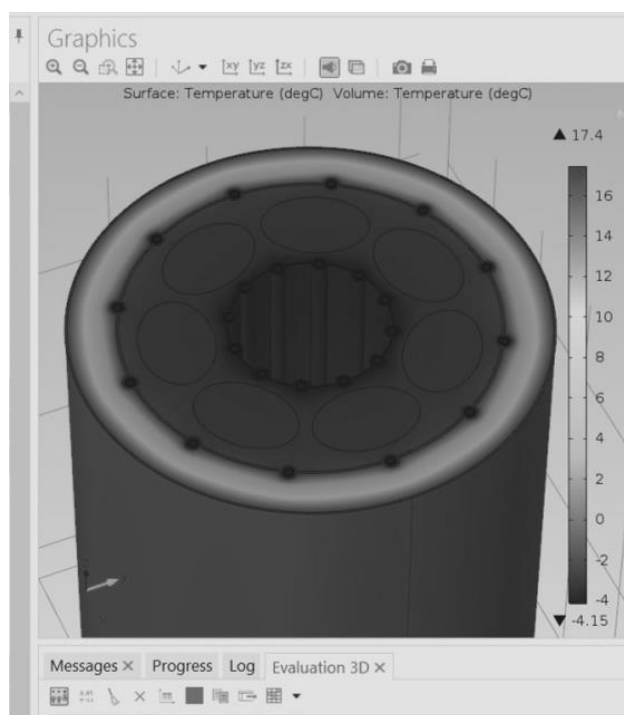


Рис. 2. Поле температур

В процессе работы были проведены расчеты, позволяющие поддерживать необходимые условия внутри рабочей камеры, рассчитаны основные теплопритоки, поступающие в процессе хранения, и подобрано основное и вспомогательное оборудование аппарата, требующееся для бесперебойной и надежной работы аппарата.

Для проверки работоспособности конструкции было проведено моделирование тепловых полей с использованием программной среды COMSOL Multiphysics.

Теплообмен как самопроизвольный необратимый процесс распространения теплоты в пространстве требует контроля распространения теплоты между отдельными областями рассматриваемой среды.

Температурное поле как совокупность значений температуры в различных точках пространства в разные моменты времени являлось предметом моделирования и представлено на рис. 2 [6].

Анализируя полученное моделирование, можно сделать вывод, что распределение температуры в области хранения продуктов практически равномерно [7].

Также, для оценки эффективности подбираемой тепловой изоляции проводилась оценка теплового потока от наружной поверхности. Теплотери в окружающую среду составляют 0,08%, что говорит о высокой эффективности предлагаемой конструкции теплоизоляции [6].

Заключение

На основе исследований разработана конструкция 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, и позволяет минимизировать потери при охлаждении и является надежной в эксплуатации. Аппарат имеет компактную конструкцию и может быть использован в качестве узла в более сложном оборудовании [8].

Разработанный аппарат может быть использован в пищевой промышленности в качестве охлаждающего оборудования или узла более сложного оборудования.

В дальнейшем будет произведено моделирование разрабатываемого аппарата с использованием других программ моделирования, позволяющих построить и рассмотреть тепловые поля процесса передачи тепла при охлаждении и хранении продуктов. Также продолжится моделирование с помощью программной среды COMSOL Multiphysics.

В последующих исследованиях будет проведено моделирование реального аппарата для хранения пищевых продуктов и сопоставление полученных результатов с результатами моделирования разработанного аппарата, вследствие чего будет проведена его модернизация с целью улучшения показателей качества хранимого продукта и построение экспериментальной модели аппарата. Полученные результаты будут проанализированы с помощью системы нечеткой логики и выявлены оптимальные условия эксперимента.

На основе проведенных экспериментов будет модернизирована разрабатываемая модель, позволив улучшить показатели сохранности продуктов.

Литература

1. Технологии хранения овощей и грибов / Времена года; Web-мастер Мучкина А.Е. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vgoda.ru/>, своб.

2. Мищенко С.В., Однолько В.Г., Воробьев Ю.В. и др. Обеспечение длительного хранения плодово-овощной продукции вакуумным способом с предварительной обработкой озоном // Вестник ТГТУ. – 2007. – Т. 13. – № 2Б. – С. 598–604.
3. Гудковский В.А. Система сокращения потерь и сохранение качества плодов и винограда при хранении: метод. рекомендации. – Мичуринск: Изд-во Мичур. гос. аграр. ун-та, 1990. – 120 с.
4. Широков Е.П., Полегаев В.И. Хранение и переработка продукции растениеводства с основами стандартизации и сертификации. – М.: Колос, 1999. – 254 с.
5. Пат. 141084 РФ, МКИ F25D13/06. Устройство для хранения фруктов и овощей. Минаева Т.В., Минаева Л.В., Башева Е.П., Кравцова Е.В., Алексеев Г.В. 12.03.2014.
6. Минаева Т.В., Минаева Л.В., Алексеев Г.В. Моделирование аппарата кратковременного хранения плодов и овощей сферической формы средствами COMSOL Multiphysics // Пищевая промышленность. – 2014. – № 10. – С. 12–13.
7. 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.
8. Минаева Т.В., Минаева Л.В. Разработка оборудования длительного хранения плодов и овощей сферической формы // I студенческий инновационный форум с международным участием «ПОТЕНЦИАЛ». – 2013. – № 1. – С. 90–92.

УДК 681.7.063

ЗАПИСЬ РЕШЕТОК БРЭГГА В ДВУЛУЧЕПРЕЛОМЛЯЮЩЕЕ ОПТИЧЕСКОЕ ВОЛОКНО С ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ НАПРЯГАЮЩЕЙ ОБОЛОЧКОЙ, ПОДВЕРГНУТОЕ ВОДОРОДНОЙ ОБРАБОТКЕ

А.С. Мунько

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

В настоящей работе была отработана методика проведения низкотемпературной водородной обработки двулучепреломляющего оптического волокна с эллиптической напрягающей оболочкой и проведена оценка ее влияния на эффективность записи волоконных решеток Брэгга в данный тип волоконного световода. Создана оптическая схема для записи волоконных брэгговских решеток излучением KrF эксимерного лазера методом фазовой маски. Представлены сравнительные результаты динамики записи волоконных брэгговских решеток в двулучепреломляющее оптическое волокно с эллиптической напрягающей оболочкой, подвергнутое и не подвергнутое водородной обработке, а также в данный тип волоконного световода с повышенной концентрацией диоксида германия. Разработана методика использования полученных волоконных брэгговских решеток для создания чувствительных элементов оптоволоконных датчиков на данном типе волоконного световода.

Ключевые слова: волоконная брэгговская решетка, водородная обработка, фоточувствительность, двулучепреломление.

Введение

В настоящее время волоконные брэгговские решетки (ВБР) получили широкое применение в телекоммуникационном оборудовании, волоконных лазерах, измерительных системах на основе оптических волокон (ОВ) и т.д.

Волоконно-оптические датчики различных физических параметров на основе решеток Брэгга имеют ряд преимуществ перед традиционными устройствами аналогичного назначения. Измерительные системы на основе ВБР обеспечивают более высокую точность измерения контролируемых величин, высокую надежность и стабильность работы, имеют малые массогабаритные параметры, низкое энергопотребление и относительно небольшую стоимость [1]. При записи волоконных

решеток Брэгга в стандартные типы ОВ, возникают трудности, связанные со слабой фоточувствительностью материала, из которого они изготовлены. В литературе предложен ряд методов увеличения фоточувствительности германо-силикатных оптических волокон. Большой интерес представляет метод низкотемпературной водородной обработки волоконных световодов (ВС) [2]. Насыщение уже изготовленных оптических волокон водородом при низких температурах и высоком давлении существенно увеличивает их фоторефрактивность, что позволяет осуществлять запись решеток Брэгга с достаточной модуляцией показателя преломления (ПП) [3].

Целью данной работы являлось исследование записи ВБР в двулучепреломляющее ОВ с эллиптической напрягающей оболочкой, подвергнутое водородной обработке. В ходе исследования осуществлен обзор современной литературы, проанализированы результаты аналогичных исследований. Реализована установка для записи волоконных решеток Брэгга 20 нс импульсом КгF эксимерного лазера методом фазовой маски. Исследовано влияние различных факторов на эффективность записи волоконных решеток Брэгга.

Основная часть

Решетки Брэгга, исследуемые в настоящей работе, были записаны эксимерным лазером Coherent COMPex Pro 102 F с энергией в импульсе ~ 250 мДж при использовании газовой смеси КгF методом фазовой маски (ФМ) [4]. Схема записи ВБР представлена на рис. 1.

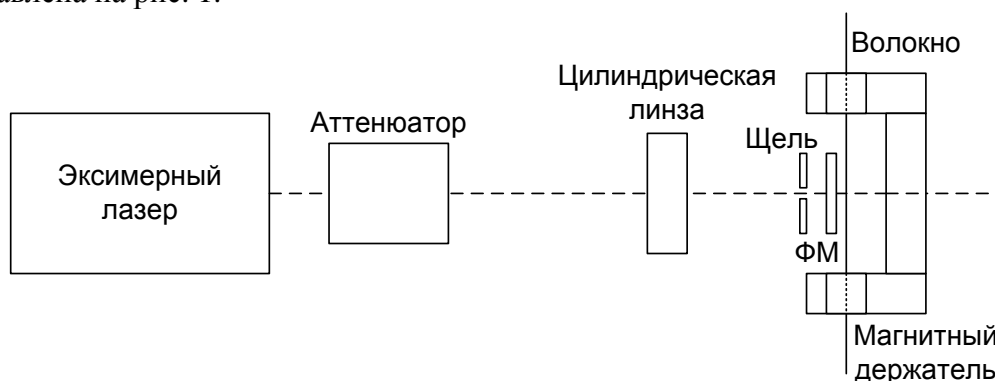


Рис. 1. Схема записи волоконных брэгговских решеток методом фазовой маски

Лазер генерирует импульсы длительностью 20 нс на длине волны 248 нм с частотой от 1 до 20 Гц. Аттенюатор со встроенным затвором позволяет выделить одиночный импульс из их последовательности, когда лазер уже выведен в стационарный режим работы. Цилиндрическая линза фокусирует лазерный пучок по одной из осей для достижения требуемой плотности энергии. Щель позволяет менять размер облучаемой области волокна, тем самым позволяя варьировать длину ВБР, а следовательно, и ее спектральные характеристики.

Лазерный импульс, проходя через ФМ с периодом $\Lambda_{\text{ФМ}}=1068,4$ нм и подавлением нулевого порядка дифракции ($< 3\%$) на длине волны 248 нм, дифрагирует на +1 и -1 порядки. Интерференционная картина +1 и -1 порядков осуществляет запись решетки ПП в сердцевине ОВ, закрепленного в магнитном держателе вплотную к ФМ.

В ходе настоящей работы для записи решеток Брэгга применялось двулучепреломляющее оптическое волокно с эллиптической напрягающей оболочкой, полученное по технологии [5]. Конструкция двулучепреломляющего ОВ с эллиптической напрягающей оболочкой представлена на рис. 2.

Использование ВБР совместно с двулучепреломляющими ОВ позволяет создавать наиболее точные фазовые интерферометрические датчики [6] для измерения различных физических величин.

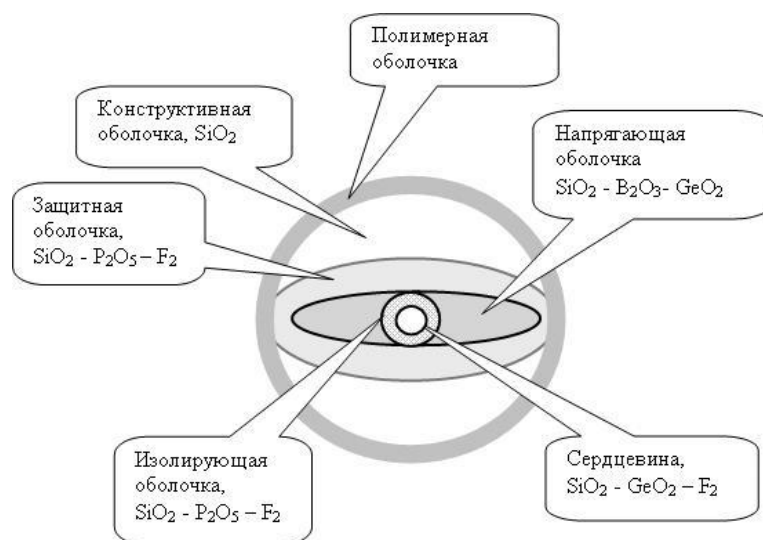


Рис. 2. Конструкция двулучепреломляющего оптического волокна с эллиптической напрягающей оболочкой

Основные достигнутые результаты

Для реализации водородной обработки ОВ производилась его намотка на пластиковую трубку диаметром 20 мм, которая помещалась в газовый баллон, заполненный водородом марки «А» (молярная доля водорода 99,99%). Давление в баллоне составляло 10,4 МПа, температура 18°C. Исследуемый образец ОВ выдерживался в описанных условиях в течение 32 суток.

Запись решеток ПП производилась в образцы двулучепреломляющего ОВ с эллиптической напрягающей оболочкой ESC-4 двух типов: не подвергнутые водородной обработке и выдержанные в атмосфере водорода, а также в двулучепреломляющее ОВ с эллиптической напрягающей оболочкой ESC-12 с повышенной концентрацией диоксида германия. Характеристики используемых в работе ОВ приведены в таблице.

Таблица. Характеристики оптических волокон

	Концентрация GeO_2	Диаметр волокна	Диаметр сердцевины	Оптические потери	h – параметр
ESC-4 мол.% GeO_2	4 мол.%	125 мкм	9 мкм	~0,5 дБ/км	$5 \cdot 10^{-6}$ 1/м
ESC-12 мол.% GeO_2	12 мол.%	125 мкм	5 мкм	~4 дБ/км	$5 \cdot 10^{-5}$ 1/м

Известно, что водород, растворенный в стекле, изменяет его ПП, что приводит к некоторому смещению резонансной длины волны решетки. Так, в работе [7] показано, что спектр ВБР, записанной в ОВ, подвергнутое водородной обработке, смещен в длинноволновую область на ~1,2 нм. Величина этого смещения зависит от исходной концентрации водорода и может достигать нескольких нанометров [2].

На рис. 3 представлены спектры отражения ВБР, записанных в двулучепреломляющее ОВ с эллиптической напрягающей оболочкой ESC-4. Коэффициенты отражения решеток ПП в подвергнутом и не подвергнутом водородной обработке ВС составляют 94% и 2% соответственно.

Спектры решеток получены на оптическом спектроанализаторе Yokogawa AQ6370C с диапазоном измерений 600–1700 нм и разрешающей способностью в 0,02 нм.

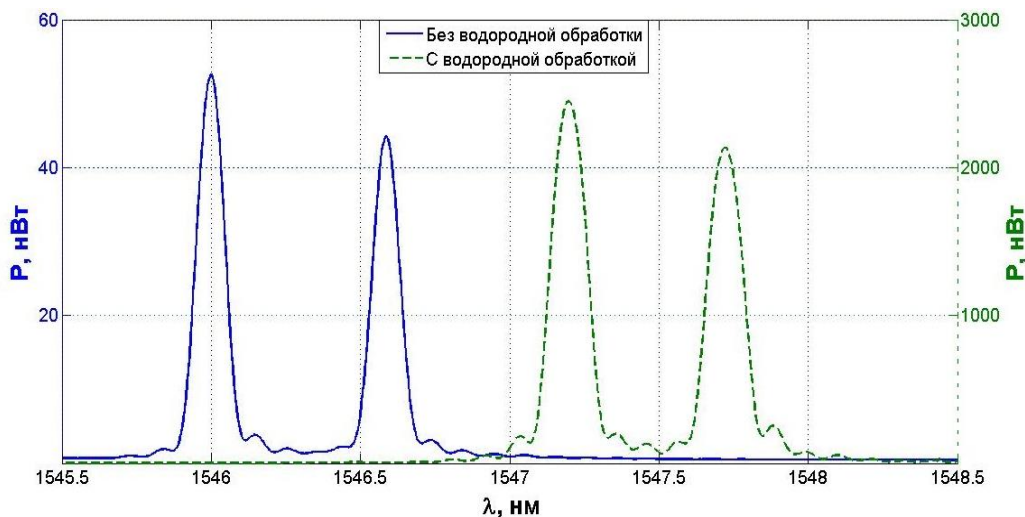


Рис. 3. Спектры отражения ВБР в оптическом волокне ESC-4

Запись волоконных решеток ПП производилась при плотности энергии лазерного импульса на ОВ порядка 400 мДж/см^2 , время экспозиции 5 мин при частоте следования импульсов 1 Гц. Наличие двух пиков в спектрах отражения ВБР, записанных в ОВ ESC-4, обусловлено различием эффективных ПП для быстрой и медленной оси анизотропного ВС.

Одним из важнейших параметров ВБР является величина наведенной модуляции ПП Δn . Для оценки амплитуды наведенной модуляции ПП волоконной решетки Брэгга можно использовать следующую формулу:

$$\Delta n = \frac{\lambda_B}{\pi l} \tanh^{-1}(\sqrt{r_{\max}}),$$

где λ_B – центральная длина волны брэгговского резонанса; r_{\max} – коэффициент отражения на центральной длине волны отражения решетки; l – длина ВБР.

На рис. 4 представлена динамика роста коэффициента отражения решеток Брэгга, записанных в двулучепреломляющее оптическое волокно с эллиптической напрягающей оболочкой, подвергнутое (ESC-4 мол.% $\text{GeO}_2(\text{H}_2)$) и не подвергнутое водородной обработке (ESC-4 мол.% GeO_2), а также в волокно с повышенной концентрацией диоксида германия (ESC-12 мол.% GeO_2). Плотность энергии лазерного импульса на ОВ составила около 400 мДж/см^2 , время экспозиции 5 мин при частоте следования лазерных импульсов 1 Гц.

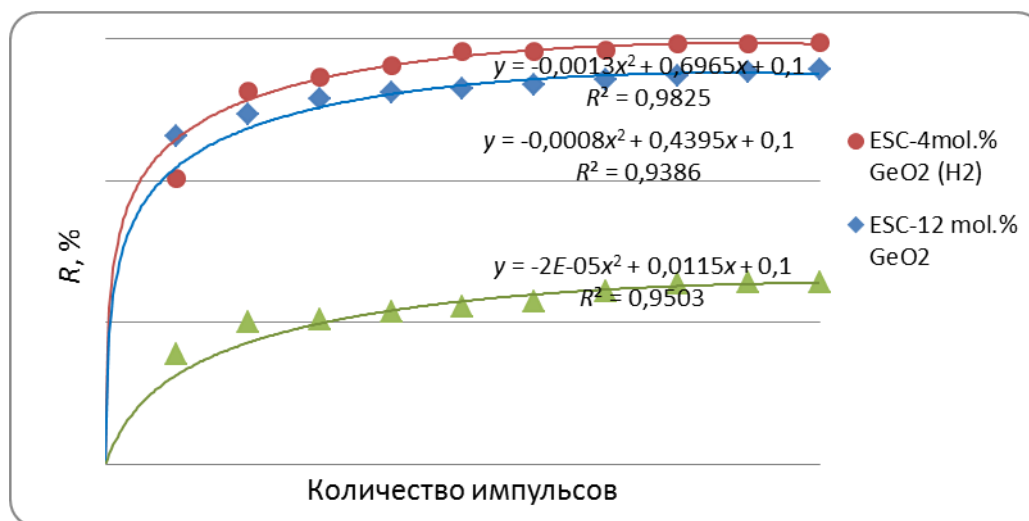


Рис. 4. Динамика роста коэффициента отражения решеток Брэгга от количества импульсов

С учетом того, что длина ВБР l во всех случаях – 8 мм, а центральная длина волны брэгговского резонанса λ_B равна 1550 нм, величина наведенной модуляции ПП Δn составила для ОВ ESC-4 мол.% GeO₂ около $8,6 \cdot 10^{-6}$, для ОВ ESC-12 мол.% GeO₂ около $6,4 \cdot 10^{-5}$, а для ОВ ESC-4 мол.% GeO₂ (H₂) около $1,3 \cdot 10^{-4}$.

Из рисунка видно, что оба метода увеличения фоторефрактивности являются эффективными для записи ВБР в двулучепреломляющее ОВ с эллиптической напрягающей оболочкой. К тому же в обоих случаях величина наведенной модуляции ПП достаточно высока. Однако метод увеличения концентрации диоксида германия в сердцевине ВС имеет ряд недостатков, связанных с ростом линейных оптических потерь, поэтому он уступает методу водородной обработки.

Заключение

В ходе настоящего исследования были проведены эксперименты по водородной обработке двулучепреломляющего оптического волокна с эллиптической напрягающей оболочкой и реализована запись волоконных решеток Брэгга в данный тип волоконного световода.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что водородная обработка увеличивает фоторефрактивность ОВ, что, в свою очередь, приводит к существенному увеличению эффективности записи решеток Брэгга в волоконный световод. Кроме того, применение данной методики позволяет исключить такие негативные эффекты, как усложнение процесса изготовления оптических волокон, увеличение линейных потерь и потерь на сварных соединениях, возникающих при дополнительном легировании сердцевины ОВ диоксидом германия.

Области возможного использования результатов проекта

Запись волоконных решеток Брэгга является неотъемлемым технологическим процессом при создании чувствительных элементов для целого ряда волоконно-оптических сенсорных систем.

Большинство оптических волокон имеет низкую фоточувствительность, что негативно сказывается на эффективности записи волоконных решеток Брэгга и усложняет процесс создания чувствительных элементов датчиков на их основе. Для создания распределенных датчиков физических величин требуется записывать массивы волоконных брэгговских решеток. Пример массива, получаемого в исследованном типе двулучепреломляющего оптического волокна, подвергнутого водородной обработке, представлен на рис. 5.

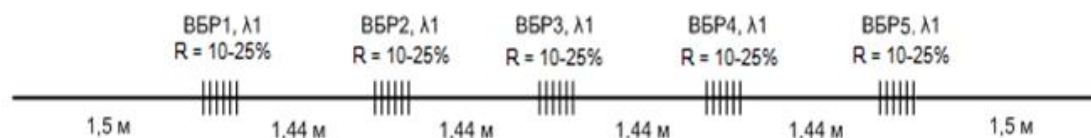


Рис. 5. Схема массива из 5-ти ВБР

Получаемые массивы волоконных решеток Брэгга могут использоваться для создания чувствительных элементов оптоволоконных датчиков на данном типе волоконного световода.

Таким образом, отработка методики увеличения фоточувствительности оптических волокон является необходимым этапом для упрощения технологического процесса создания датчиков на основе ВБР.

Литература

1. Окоси Т. Волоконно-оптические датчики. – Л.: Энергоатомиздат, 1991. – 256 с.
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.

3. Mayer E., Gillett D., Govorkov S. Fiber Bragg Grating Writing by Interferometric or Phase-Mask Methods Using High-Power Excimer Lasers // *Fiber and Integrated Optics*. – 1999. – V. 18. – № 3. – P. 189–198.
4. Meshkovskiy I.K., Strigalev V.E., Kulikov A.V., Varzhel' S.V. Bragg Gratings Induced in Birefringent Optical Fiber with an Elliptical Stress Cladding // *Journal of Photonics*. – 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/936036>, своб.
5. Ероньян М.А. Способ изготовления волоконных световодов, сохраняющих поляризацию излучения. Патент РФ № 2155359, 2000.
6. Мешковкий И.К., Варжель С.В., Беликин М.Н., Куликов А.В., Брунов В.С. Термический отжиг решеток Брэгга при изготовлении волоконно-оптических фазовых интерферометрических датчиков // *Изв. вузов. Приборостроение*. – 2013. – Т. 56. – № 5. – С. 91–93.
7. Варжель С.В., Мунько А.С., Куликов А.В., Коннов К.А., Грибаев А.И., Архипов С.В. Запись решеток Брэгга в двулучепреломляющее оптическое волокно с эллиптической напрягающей оболочкой подвергнутое водородной обработке // Сб. трудов III конференции «Будущее оптики-2015» для молодых специалистов, кандидатов наук, аспирантов и студентов оптической отрасли и смежных дисциплин. – 2015. – С. 145–147.

УДК 637.03

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЯ ГРЕЦКОГО ОРЕХА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КИСЛОМОЛОЧНЫХ НАПИТКОВ

Ю.К. Насонова

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

В работе исследовалась возможность использования плодов грецкого ореха молочно-восковой спелости при производстве кисломолочных напитков. Плоды грецкого ореха молочно-восковой спелости содержат комплекс физиологически функциональных ингредиентов, позволяющих использовать их в качестве сырья для получения функционально-технологической добавки, обладающей высокими потребительскими свойствами. В ядре и листьях молодых зеленых орехов выделены нафтохиноны, флавоноиды, диарилгептаноиды. Установлена антиопухольная, антимикробная активность, способность связывать свободные радикалы. Также зеленые плоды богаты витамином Р, органическими кислотами, минеральными солями, дубильными веществами, юглоном (5-окси-1,4-нафтохинон). Путем определения органолептических показателей определена оптимальная доза вносимой добавки. Произведен подбор заквасочной культуры и изучено влияние добавки на качество и свойства сгустков разрабатываемых кисломолочных напитков с функциональными свойствами.

С целью обеспечения населения полноценными, доступными и безопасными продуктами питания в настоящее время усиленно проводятся исследования и научные работы по созданию новых видов пищевых продуктов, обладающих функциональными свойствами. Продукты питания, в том числе и молочные, помимо основных компонентов пищи (белков, жиров, углеводов), должны содержать и много других функциональных биоактивных веществ, обеспечивающих регуляцию важнейших жизненных функций и нормальное протекание всех жизненных процессов.

Богатейшим источником таких ингредиентов, в первую очередь витаминов и минеральных веществ, является сырье растительного происхождения. В связи с этим в задачи исследования в первую очередь входил подбор растительного сырья, содержащего физиологически полезные пищевые ингредиенты, улучшающие здоровье человека. С учетом теоретических принципов создания поликомпонентных

функциональных продуктов сырьевые компоненты, используемые для этих целей, необходимо подбирать с учетом требований науки о питании и запросов населения. При этом должна быть обеспечена потребность организма человека в макро- и микронутриентах, а также высокие потребительские свойства продукта.

Целью работы являлась разработка рецептуры и технологии кисломолочных напитков с полифункциональной добавкой на основе плодов грецкого ореха молочно-восковой спелости с пролонгированным сроком хранения. Первым этапом работы стал подбор заквасочной культуры и изучение влияния добавки на качества и свойства сгустков разрабатываемых кисломолочных напитков с функциональными свойствами.

Плоды грецкого ореха молочно-восковой спелости содержат комплекс физиологически функциональных ингредиентов, позволяющих использовать их в качестве сырья для получения функционально-технологической добавки, обладающей высокими потребительскими свойствами.

Он с давних пор и во многих странах мира известен как прекрасное лечебное средство. Еще много веков тому назад известный врачеватель Авиценна указывал, что орех является эффективным лекарственным средством для лечения ряда заболеваний. В своих трудах он рекомендовал грецкий орех для восстановительного питания пострадавшим от истощения, а измельченные орехи с медом подходят для лечения больных туберкулезом легких.

Восточная медицина считает, что орех укрепляет мозг, сердце и печень. Согласно трактатам древней таджикской медицины совместное применение ядер ореха с молоком оказывает положительное влияние на состояние здоровья и является высокоэффективным средством для нейтрализации и выведения вредных веществ из организма.

Уникальные, исключительно ценные свойства грецкого ореха, определяющие его огромное экономическое значение, были известны издавна. В связи с этим во многих странах и, в особенности в США, в период Великой депрессии стали широко распространяться посадки культуры грецкого ореха садового типа [1, 2].

В ядре и листьях молодых зеленых орехов выделены нафтохиноны, флавоноиды, диарилгептаноиды. Установлена антиопухолевая, антимикробная активность, способность связывать свободные радикалы [3–7]. Также зеленые плоды богаты витамином Р, органическими кислотами, минеральными солями, дубильными веществами, юглоном (5-окси-1,4-нафтохинон) [6, 7].

Юглон очень близок по физиологическим функциям к аскорбиновой кислоте. Родство юглона и аскорбиновой кислоты состоит в том, что они имеют восстановительную и окислительную взаимопревращающиеся формы и обладают сильной редуцирующей активностью. По этой причине в некоторых публикациях их принимали за одно вещество и указывали явно завышенное содержание аскорбиновой кислоты в ядре зрелого грецкого ореха.

Аскорбиновая кислота и юглон легко подвергаются окислительно-восстановительному превращению. Активации этого процесса способствуют ферменты пероксидаза и полифенолоксидаза.

Как отмечают Г.Ф. Вшивкова, Г.И. Нилов и др. (1979), пероксидаза катализирует окисление перекисью водорода разных субстратов, в том числе фенолов и аскорбиновой кислоты. Полифенолоксидаза катализирует реакцию окисления фенольных соединений молекулярным кислородом.

В результате окисления полифенолов образуются хиноновые соединения и другие темноокрашенные вещества, которые препятствуют проникновению инфекции в растительные ткани.

Максимальное накопление юглона в плодах отмечается в период активного роста плодов до начала одревеснения эндокарпа. В этот же период происходит и активное накопление аскорбиновой кислоты. В дальнейшем содержание юглона и аскорбиновой

кислоты существенно снижается. С уменьшением юглона в плодах отмечено также уменьшение его и в листьях; при этом содержание юглона в листьях в 4–6 раз меньше, чем в плодах.

Содержание юглона в добавке способствует устойчивому микробиологическому состоянию продукта за счет его многофункциональных свойств, а, в частности, антибактериальных, фунгицидных и др.

Биологически активные вещества, содержащиеся в плодах грецкого ореха молочно-восковой спелости, улучшают всасывание естественных витаминов и микроэлементов из пищи, а также способствуют нормализации различных метаболических процессов в организме. Кроме того, устраняют дефицит витаминов, связанный с их неполноценным поступлением из желудочно-кишечного тракта (при хронической диарее, нарушении равновесия микрофлоры кишечника и др.), повышенной потребностью в витаминах (в период роста, беременности, лактации, состояния эмоционального и физического напряжения).

Таким образом, использование добавки на основе грецкого ореха молочно-восковой спелости обогащает продукты веществами, необходимыми для ежедневной профилактики организма от болезней и вредных воздействий окружающей среды [1].

Для исключения сезонной зависимости применения добавки, были изучены возможности использования дополнительных компонентов, позволяющих максимально сохранить уникальный химический состав орехов в течение года. В качестве такого дополнительного компонента были использованы различные сорта меда. Химический состав добавки представлен в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав добавки на основе плодов грецкого ореха молочно-восковой спелости [1]

Показатель	%	Содержание в мг/ 100 г			
		Витамины		Минеральные вещества	
Вода	35,3			Кальций	95
Белки	3,7	А	0,52	Магний	139
Жиры	2,8	Каротиноиды	20,7	Натрий	2,8
Углеводы	58,2	Е	14,5	Калий	460
Зола	0,9	С	306,9	Фосфор	219
Крахмал	5,2	В ₁	0,31	Железо	2,14
Клетчатка	1,2	В ₂	0,1	Цинк	2,43
Сахароза	3,6	Р	14,7	Марганец	1,34
Глюкоза	26,7	В ₆	0,8	Йод	0,26
Фруктоза	21,1	В ₉	0,06		
Мальтоза	0,4	РР	0,83		

Технология производства добавки из плодов грецкого ореха молочно-восковой спелости и меда включает в себя следующие операции: приемка и сортировка орехов; мойка орехов и очистка от верхней кожуры на машине для очистки с карборундовым покрытием; измельчение орехов на резательно-протирочной машине; смешивание измельченных орехов с подготовленным, подогретым до 38±2°С медом; фасовка и укупорка; хранение при температуре 6±2°С. Полученная добавка представляет собой измельченные грецкие орехи молочно-восковой спелости, смешанные с липовым медом; цвет добавки однородный, темно-коричневый; вкус – выраженный, в меру сладкий, черносливовый, присутствует приятное послевкусие [1, 8].

В процессе разработки добавки на основе плодов грецкого ореха молочно-восковой спелости с медом были установлены ее физико-химические свойства, представленные в табл. 2.

Таблица 2. Физико-химические свойства добавки на основе плодов грецкого ореха молочно-восковой спелости

Наименование показателя	Фактическое значение свежеприготовленной добавки	Фактическое значение показателей добавки на 12 месяц хранения
Содержание влаги, %	36,1	35,3
Титруемая кислотность, °Т	4,8	5,4
Температура хранения, °С	0–8	0–8
Механические примеси	Отсутствуют	Отсутствуют
Признаки брожения	Отсутствуют	Отсутствуют

Объектами исследования были выработанные по классической технологии производства кисломолочные напитки с 5%, 7% и 10%-процентным содержанием добавки. В качестве закваски использовали йогуртовую на основе *Lactobacillus bulgaricus* (болгарская палочка) и *Streptococcus thermophilus* (термофильный стрептококк). Закваску вносили в количестве 5%.

Образующийся в процессе производства кисломолочных напитков сгусток обладает определенными механическими свойствами – вязкостью, пластичностью, упругостью и прочностью. Консистенция и структура кисломолочных продуктов в значительной степени зависят от способности заквасочных культур образовывать высоковязкие полисахариды арабинозы, маннозы, глюкозы, галактозы, которые обуславливают достаточно эластичную консистенцию и плотную структуру продукта. Нами были изучены процессы кислотонакопления в процессе сквашивания продуктов и определена влагоудерживающая способность их сгустков.

Органолептический анализ кисломолочных напитков с добавкой и контрольного образца проводился посредством дегустации, в которой приняли участие аспиранты и преподаватели кафедры ТМиПБТ Университета ИТМО.

Результаты дегустационного анализа вкуса, как наиболее значимого органолептического показателя исследуемых образцов кисломолочных напитков представлены на рис. 1 в виде профилограмм, в которых отражены основные характеристики вкуса при введении добавки на основе плодов грецкого ореха молочно-восковой спелости и меда.

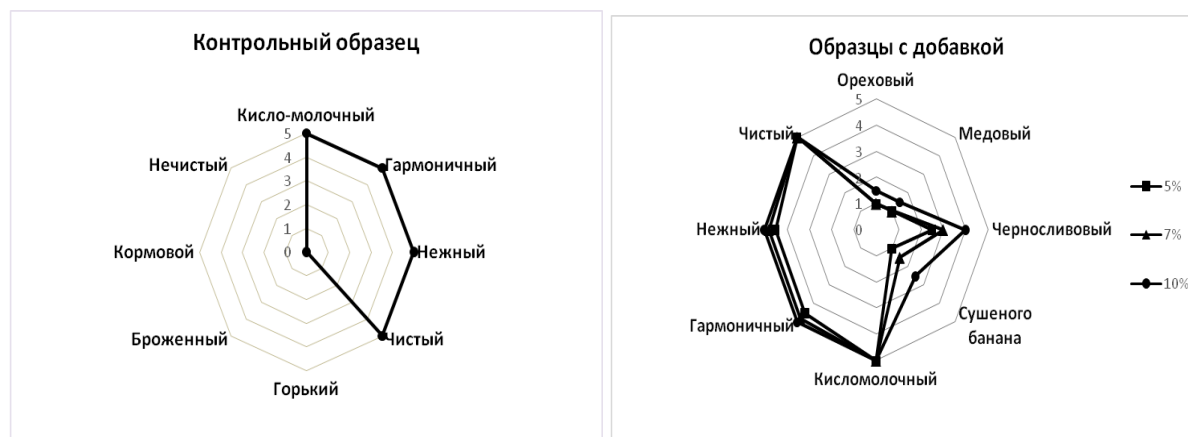


Рис. 1. Вкусовые профили исследуемых образцов

Органолептические показатели образца с 5% добавки отличались от контрольного образца незначительно. Цвет образца – бежевый. Консистенция однородная, в меру вязкая. Запах и вкус добавки слабо ощутимы.

Образец с 7% вносимой добавки обладал более выраженными, приятными, вкусом и запахом добавки, напоминающими чернослив и сушеный банан. Образец с 10% обладал наиболее гармоничным вкусом, с выраженным привкусом и ароматом добавки.

В результате проведенных исследований по определению оптимальной дозы вносимой добавки было решено остановиться на 10%.

Важным показателем при производстве кисломолочных напитков является протекание процесса сквашивания. Из представленных на рис. 2 результатов исследования видно, что введение добавки в состав кисломолочных напитков практически не влияет на процесс кислотонакопления в сравнении с контрольным образцом без добавки. Титруемая кислотность образца с 10% содержанием добавки по истечении 5 ч сквашивания в образовавшемся сгустке составила 79°Т.

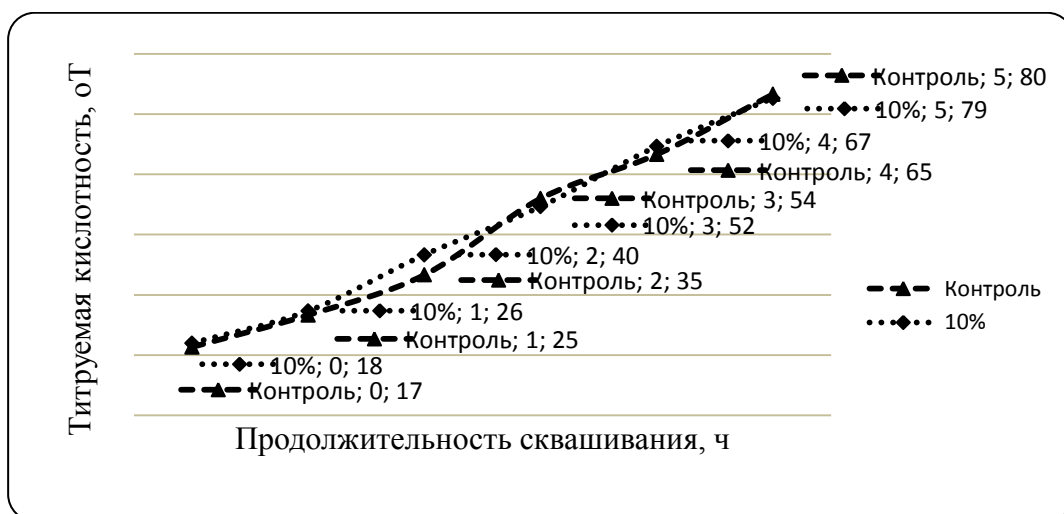


Рис. 2. Динамика кислотонакопления в испытуемых образцах

Также была исследована влагоудерживающая способность полученных образцов. Для изучения синергических свойств полученные образцы в количестве 10 мл центрифугировали в течение 30 мин, каждые пять минут отмечая количество отделившейся сыворотки. Полученные результаты представлены на рис. 3.

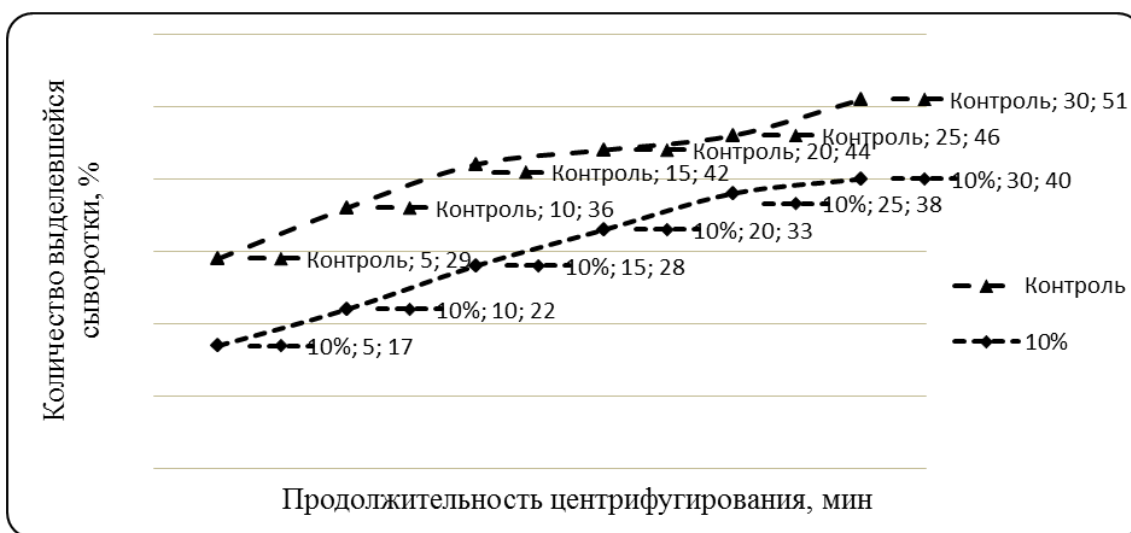


Рис. 3. Влагоудерживающая способность образцов

Заключение

Введение добавки из плодов грецкого ореха молочно-восковой спелости в рецептуру различных продуктов питания способствует обогащению их макро- и микронутриентами, а также корректирует аминокислотный и жирнокислотный состав продукта (с учетом необходимой сбалансированности полиненасыщенных жирных

кислот семейства ω_6 и ω_3). Повышенное содержание олеиновой кислоты в масле грецкого ореха молочно-восковой спелости предопределяет повышенную устойчивость к окислению и перспективность использования добавки в составе новых продуктов. Преобладание полиненасыщенных жирных кислот в масле грецкого ореха молочно-восковой спелости предполагает целесообразность его использования в добавке также как и источника полиненасыщенных жирных кислот.

Введение добавки из грецкого ореха молочно-восковой спелости в молочную основу позволяет не проводить дополнительную температурную обработку, а щадящая температура в 40°C позволяет сохранить также и антибактериальные свойства меда.

Разрабатываемые продукты могут быть успешно использованы для питания различных групп населения (детей, пожилых людей, спортсменов, работающих в экстремальных условиях), а также и в лечебно-профилактических целях.

Литература

1. Инновации в области технологии продукции общественного питания функционального и специализированного назначения / Под общ. ред. Н.В. Панковой. – Коллективная монография. – СПб.: СПбГТЭУ, Изд-во «ЛЕМА», 2012. – 184 с.
2. Орлова О.Ю., Пилипенко Т.В., Сулова А.В., Влияние БАВ, полученных из листьев грецкого ореха, на функциональные свойства и сохраняемость молочных продуктов // Качество и безопасность продукции в рамках гармонизации государственной политики в области здорового питания населения: Коллективная монография. – 2012. – С. 296–297.
3. Барабой В.А. Растительные фенолы и здоровье человека. – М.: Наука, 1984. – 161 с.
4. Блейз А. Энциклопедия орехов и диких ягод. – М.: Олма-Пресс, 2000. – 336 с.
5. Жунгиету Г.И., Влад Л.А. Юглон и родственные 1,4 – нафтахиноны. – Кишинев: Штинца, 1978. – 95 с.
6. Ходжибаева С.М., Филатова О.Ф., Тыщенко А.А. Новые аспекты получения и контроля юглона // Химия природных соединений. – 2000. – № 3. – С. 17–19.
7. Еникеева Р.А. Исследование по фармакогностическому изучению и стандартизации сырья и препаратов ореха грецкого (*Juglans regia* L.): автореферат дисс. на соискание уч. ст. канд. фармацевт. наук. – М., 2008. – 22 с.

УДК 004.932

ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ТРЕКИНГ ЛИЦ НА ОСНОВЕ БИНАРНЫХ ДЕСКРИПТОРОВ

А.Л. Олейник

(Университет ИТМО)

Научный руководитель – д.т.н., профессор Г.А. Кухарев

(Университет ИТМО; Западнопоморский технологический университет в г. Щецин,
Польша)

В работе представлена задача трекинга (отслеживания) лиц в системах видеонаблюдения. Приведен краткий обзор существующих подходов, из которых выбран наиболее подходящий для решаемой задачи. Предложен быстродействующий алгоритм трекинга, основанный на бинарных дескрипторах и их сопоставлении по схеме «многие-ко-многим». Алгоритм реализован на языке C++, проведены экспериментальные исследования на базе SPEVI. Полученные результаты говорят о высокой эффективности разработанного алгоритма. По итогам работы сделаны выводы, указаны направления улучшения предложенного подхода и расширения сферы его возможного применения.

Ключевые слова: трекинг лиц, бинарные дескрипторы, видеонаблюдение, компьютерное зрение.

Введение

Трекинг (отслеживание) объектов – это одна из важных и практически значимых задач компьютерного зрения. В частности, широкое распространение получили системы детектирования (обнаружения) и трекинга лиц. Область их применения весьма широка:

- системы видеонаблюдения. Трекеры лиц применяются в составе программно-аппаратных комплексов анализа видеопотока с множества камер, что позволяет автоматизировать работу систем видеонаблюдения и повысить их эффективность;
- системы автофокуса. Многие устройства фото- и видеосъемки в настоящее время снабжаются системой захвата лиц для улучшения качества получаемых фотографий и видеозаписей;
- лицевая и многомодальная биометрия. Детектирование и трекинг лиц является обязательным этапом обработки изображений в процессе идентификации и верификации личности и необходимы для создания многомодальных биометрических систем (например, использующих в своей работе изображение лица и запись голоса) [1];
- распознавание эмоций. Данное направление лежит в основе систем человеко-машинного взаимодействия нового типа – эмоциональных вычислительных систем (англ. affective computing) [2]. Распознавание эмоций по выражению лица также предполагает его отслеживание;
- распознавание речи по губам и бимодальное распознавание речи. Использование информации о движениях губ диктора позволяет значительно повысить качество работы систем распознавания речи (особенно в условиях наличия шума и искажений сигнала) [3].

Кроме того, следует отметить, что в настоящее время актуальность перечисленных выше направлений обусловлена, в том числе быстрым развитием и удешевлением средств фото- и видеозаписи, что позволяет создавать недорогие и компактные устройства.

На данный момент разработано множество систем трекинга лиц. Однако не все они удовлетворяют требованиям, предъявляемым к их эффективности и быстродействию при решении конкретных задач компьютерного зрения. Так, например, нередко требуется возможность анализа видеозаписи в реальном времени. В таком случае при скорости видеопотока в 30 кадров в секунду обработка одного кадра должна занимать не более 33 мс. На практике же требуется гораздо большее быстродействие, так как основные задачи системы анализа видеопотока (например, идентификация и верификация личности, чтение по губам, распознавание эмоций и т.д.) также требуют значительных вычислительных затрат.

На качество работы системы детектирования и трекинга влияет множество факторов, таких как:

- качество видеозаписи;
- освещение, его неравномерность;
- угол поворота лица;
- положение камеры.

По этой причине универсального решения данной задачи не существует. Так, например, для трекинга лиц в сложных условиях требуются ресурсоемкие методы обработки кадров видеопотока. С другой стороны, когда заранее известны условия, в которых будет работать система, применение подобных сложных методов неоправданно и влечет за собой лишь незначительное улучшение качества работы системы при гораздо больших вычислительных затратах. Исходя из этого, для разработки методов надежного и быстрого трекинга лиц важно принимать во внимание условия работы системы.

Существующие подходы к трекингу объектов

Трекинг предполагает последовательный поиск положения отслеживаемого объекта на кадрах видеопотока. Под положением могут пониматься, например, координаты центра объекта, заключаящий его прямоугольник или эллипс. В нашем случае положение объекта задано прямоугольником с горизонтальными/вертикальными сторонами (т.е. не наклонным).

Положение объекта на первом кадре считается известным. На практике для инициализации трекера используется детектор объектов. На сегодняшний день хорошо себя зарекомендовали детекторы, основанные на каскадах классификаторов [4–6].

Также крайне желательно, чтобы на каждом кадре трекер позволял оценить также значение уровня доверия полученному результату. Если уровень доверия ниже некоторого порога, то объект следует считать потерянным.

Перечислим некоторые подходы, существующие на сегодняшний день.

- методы, основанные на бустинге [7–9], предполагают объединение нескольких «слабых» классификаторов в один «сильный». Такой подход позволяет добиться высокого качества трекинга для широкого класса объектов, но достаточно сложен;
- трекинг на основе глубоких нейронных сетей [10] хорош для работы в сложных условиях, но требует очень больших вычислительных затрат;
- составные модели (Part-based Models) [11] представляют отслеживаемый объект в виде иерархического набора частей. Это полезно для работы со сложными объектами (например, с людьми), но неоправданно для лиц;
- Tracking-Learning-Detection (TLD) [12] настраивает трекер на конкретный объект в процессе обработки видеопотока и позволяет отслеживать изменения объекта и окружающего фона, что также полезно для работы в сложных условиях;
- для моделирования динамики движения объектов применяют фильтр Калмана и фильтры частиц (англ. particle filters) [13, 14];
- трекинг на основе локальных признаков, называемых дескрипторами, отслеживает перемещение некоторого набора ключевых точек изображения отслеживаемого объекта. Широко известны методы Scale-Invariant Feature Transform (SIFT) [15] и Speeded Up Robust Features (SURF) [16]. Однако расчет и сравнение таких дескрипторов требует больших вычислительных затрат, что делает их практически непригодными для трекинга в реальном времени. В связи с этим были предложены бинарные дескрипторы, представляющие собой битовые массивы, для сравнения которых применяется расстояние Хемминга. К бинарным дескрипторам относятся BRIEF [17], BRISK [18], ORB [19] и FREAK [20].

Предлагаемый подход

Как было сказано выше, в процессе разработки трекера важно учитывать условия его работы. Применительно к системам видеонаблюдения, отслеживающим лица перемещающихся людей, можно сформулировать следующие положения:

1. видеочасть установлена стационарно;
2. известен угол обзора видеочасти;
3. видеочасть сфокусирована на бесконечность;
4. отсутствуют нелинейные искажения кадров видеопоследовательности;
5. максимальная скорость движения лица не превышает заранее известного значения;
6. отклонение ориентации отслеживаемых лиц от вертикальной незначительно.

Таким образом, мы предполагаем, что отслеживаемые объекты – это лица. Однако рассматриваемый подход можно применить и к другим «жестким» объектам, форма

которых со временем меняется несильно. По этой причине далее будем использовать термин «объект».

Рассмотрим основанный на дескрипторах алгоритм трекинга. Вычисление положения отслеживаемого объекта на i -м кадре видеопоследовательности осуществляется в несколько этапов:

1. поиск ключевых точек (например, углов, штрихов и т.д.) на изображении объекта с $(i-1)$ -го кадра («изображении-шаблоне») и вычисление дескрипторов в этих точках;
2. выполнение аналогичных вычислений для области i -го кадра, смежной с положением объекта на предыдущем кадре. Размеры этой области поиска можно оценить исходя из известных ограничений на скорость движения объекта и параметров камеры;
3. попарное сравнение (сопоставление) дескрипторов из $(i-1)$ -го и i -го кадров, в результате которого формируется набор пар соответствующих друг другу ключевых точек;
4. вычисление положения объекта на i -м кадре.

Рассмотрим два последних этапа подробнее.

Сопоставление дескрипторов может осуществляться по-разному. Чаще всего используют схему «один-к-одному» [21], когда каждому дескриптору и $(i-1)$ -го кадра соответствует не более одного дескриптора с i -го кадра (и наоборот). В данной работе применяется схема «многие-ко-многим», когда каждый дескриптор может входить в несколько пар (рис. 1), каждой из которых соответствует весовой коэффициент w_k .

За счет большего количества пар схема «многие-ко-многим» в значительно меньшей степени чувствительна к ошибкам на этапе сопоставления, что позволяет использовать дескрипторы BRIEF [17], расчет которых не требует значительных вычислительных затрат. Для поиска ключевых точек применяется детектор FAST, предложенный в [22].

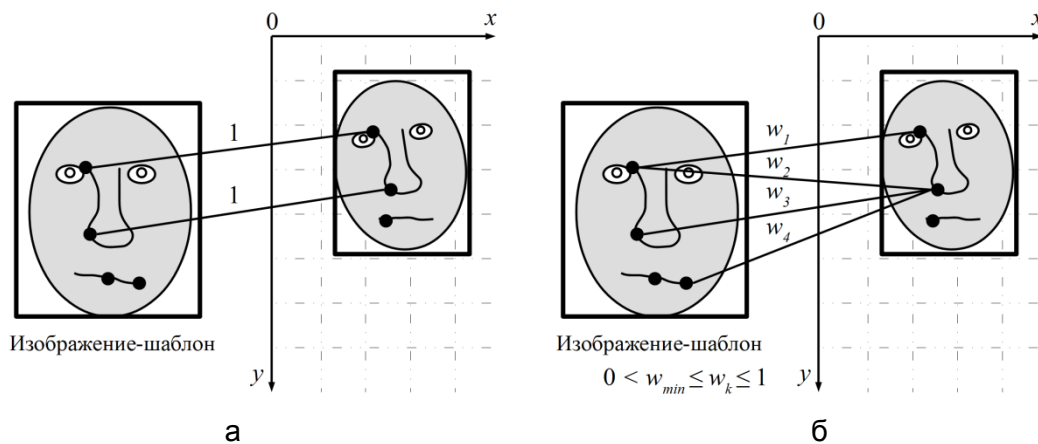


Рис. 1. Схемы сопоставления дескрипторов «один-к-одному» (а) и «многие-ко-многим» (б)

Для вычисления положения объекта на i -м кадре вводят функцию преобразования $f(p, \theta)$, которая играет роль модели межкадрового преобразования объекта. Параметры θ могут включать в себя сдвиг объекта, его перемасштабирование и вращение. Они оцениваются в соответствии с критерием наименьших квадратов: $\theta = \operatorname{argmin}_{\theta} L(\theta)$. В случае использования схемы «один-к-одному» целевая функция принимает вид:

$$L(\theta) = \sum_{k=1}^N \|f(p_k, \theta) - p'_k\|^2,$$

где k – номер пары дескрипторов; $p_k = (x_k, y_k)$ и $p'_k = (x'_k, y'_k)$ – соответствующие ключевые точки изображения с $(i-1)$ -го и i -го кадров.

Для схемы «многие-ко-многим» целевая функция имеет схожий вид:

$$L_w(\theta) = \sum_{k=1}^N w_k \|f(p_k, \theta) - p'_k\|^2.$$

Однако следует иметь в виду, что количество пар N в этом случае в несколько раз больше.

Так как предполагается, что ориентация объекта меняется незначительно, в θ включается сдвиг $(\delta x, \delta y)$ и равномерное масштабирование s , т.е. $\theta = (\delta x, \delta y, s)$, а $f(p, \theta) = s \cdot p + (\delta x, \delta y)$. В этом случае целевая функция $L_w(\theta)$ является квадратичной, а ее минимум может быть найден как решение системы линейных уравнений [21].

Минимальное значение целевой функции можно использовать для формирования оценки уровня доверия:

$$c(\theta) = \frac{1}{1 + \alpha \cdot \min_{\theta} L_w(\theta)},$$

где α – экспериментально подбираемый параметр. Значение $c(\theta)$ находится в диапазоне $(0, 1]$.

Результаты экспериментальных исследований

Описанный алгоритм трекинга реализован на языке программирования C++ с использованием библиотеки компьютерного зрения OpenCV [23]. На базе SPEVI [24] проведены эксперименты по трекингу лиц. На рис. 2 приведены графики уровня доверия $c(\theta)$ при трекинге двух лиц. Лицо считается потерянным, если значение уровня доверия упало ниже 0,5.

Обработка одного кадра при отслеживании одного лица занимает 3 мс. При этом значение уровня доверия падает ниже установленного порога именно тогда, когда лицо теряется из виду, причем наличие поблизости лица другого человека не нарушает работу трекера.

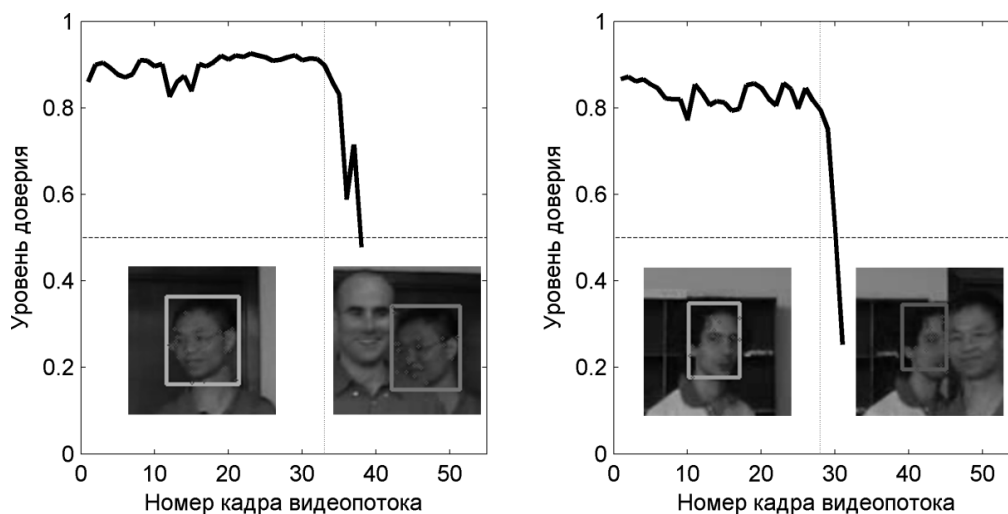


Рис. 2. Результаты работы трекера лиц

Заключение

В данной работе рассмотрена задача трекинга лиц в составе системы видеонаблюдения. Сформулированы ограничения, накладываемые на условия работы трекера и отслеживаемый объект. Представлен метод трекинга, основанный на дескрипторах и схеме сопоставления «многие-ко-многим», обладающий небольшой вычислительной сложностью. Данный метод реализован на языке C++ и использованием библиотеки компьютерного зрения OpenCV. Результаты экспериментальных исследований показали высокую эффективность предложенного подхода.

Сфера применения разработанного трекера может быть расширена посредством использования других дескрипторов и другой модели движения. Кроме того, возможно объединение предложенного метода с детекторами на основе каскадов классификаторов для построения системы отслеживания произвольного количества объектов.

Литература

1. Ross A., Nandakumar K., Jain A. Handbook of multibiometrics. – 1st ed. – Springer US, 2006. – 198 p.
2. Glodek M. et al. Multiple classifier systems for the classification of audio-visual emotional states // *Affective Computing and Intelligent Interaction*. – 2011. – V. 6975. – P. 359–368.
3. Dupont S., Luetin J. Audio-visual speech modeling for continuous speech recognition // *Multimedia*. – 2000. – V. 2. – № 3. – P. 141–151.
4. Viola P., Jones M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features // *Computer Vision and Pattern Recognition*. – 2001. – V. 1. – P. 511–518.
5. Lienhart R., Maydt J. An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object Detection // *International Conference on Image Processing*. – 2002. – V. 1. – P. 900–903.
6. Lienhart R., Kuranov A., Pisarevsky V. Empirical Analysis of Detection Cascades of Boosted Classifiers for Rapid Object Detection // *Pattern Recognition*. Springer Berlin Heidelberg. – 2003. – V. 2781. – P. 297–304.
7. Avidan S. Ensemble tracking // *Pattern Analysis and Machine Intelligence*. – 2007. – V. 29. – № 2. – P. 261–271.
8. Grabner H., Leistner C., Bischof H. Semi-supervised on-line boosting for robust tracking // *Computer Vision–ECCV*. – 2008. – P. 234–247.
9. Babenko B., Ming-Hsuan Yang, Belongie S. Robust Object Tracking with Online Multiple Instance Learning // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. – 2011. – V. 33. – № 8. – P. 1619–1632.
10. Wang N., Yeung D.-Y. Learning a deep compact image representation for visual tracking // *Advances in Neural Information Processing Systems*. – 2013. – P. 809–817.
11. Felzenszwalb P.F. et al. Object detection with discriminatively trained part-based models // *Pattern Analysis and Machine Intelligence*. – 2010. – V. 32. – № 9. – P. 1627–1645.
12. Kalal Z., Mikolajczyk K., Matas J. Tracking-learning-detection // *Pattern Analysis and Machine Intelligence*. – 2012. – V. 34. – № 7. – P. 1409–1422.
13. Yilmaz A., Javed O., Shah M. Object tracking: A survey // *ACM Computing Surveys*. – 2006. – V. 38. – № 4. – P. 1–45.
14. Maggio E. et al. Particle PHD filtering for multi-target visual tracking // *Acoustics, Speech and Signal Processing*. – 2007. – V. 1. – P. 1101–1104.
15. Lowe D.G. Object recognition from local scale-invariant features // *Proc. of the seventh IEEE international conference*. – 1999. – V. 2. – P. 1150–1157.
16. Bay H., Tuytelaars T., Van Gool L. SURF: Speeded up robust features // *Computer vision–ECCV*. – 2006. – P. 404–417.
17. Calonder M. et al. BRIEF: Binary robust independent elementary features // *Computer Vision–ECCV*. – 2010. – P. 778–792.
18. Leutenegger S., Chli M., Siegwart R.Y. BRISK: Binary robust invariant scalable keypoints // *IEEE International Conference*. – 2011. – P. 2548–2555.
19. Rublee E. et al. ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF // *IEEE International Conference*. – 2011. – P. 2564–2571.
20. Alahi A., Ortiz R., Vandergheynst P. FREAK: Fast retina keypoint // *IEEE Conference*. – 2012. – P. 510–517.

21. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. – 1st ed. – London: Springer-Verlag London, 2011. – 812 p.
22. Rosten E., Drummond T. Machine learning for high-speed corner detection // Computer Vision–ECCV. – 2006. – P. 430–443.
23. OpenCV (Open source Computer Vision library) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://opencv.org/>, своб.
24. Surveillance Performance Evaluation Initiative (SPEVI) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eecs.qmul.ac.uk/~andrea/spevi.html>, своб.

УДК 664.6

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

А.С. Пастухов

Как показывает практика, применение многоканальных систем для многофакторных процессов, таких как охлаждение хлебобулочных изделий, повышает качество стабилизации, снижает величину отклонения и время стабилизации в нестационарном процессе, а также сокращает время запаздывания. В работе рассмотрен процесс охлаждения хлебобулочных изделий как объект управления, а также предложена структура способа стабилизации процесса охлаждения хлебобулочных изделий, включающая в себя многоканальную систему с внесением управляющих воздействий по величине текущего значения температуры изделия с предвычислением потенциально возможного отклонения температуры свежеспеченного хлебобулочного изделия в процессе охлаждения на спиральной конвейерной установке. Приведено сравнение существующей и предлагаемой систем.

Наиболее эффективным способом снижения усушки хлебобулочной продукции является ускорение охлаждения изделий после выхода из печи до температуры воздуха в хлебохранилище [1]. Сам процесс охлаждения хлебобулочных изделий является сложным многофакторным объектом управления, в котором в непрерывном потоке происходят тепло- и массообменные процессы [2, 3].

Основной задачей управления таким объектом является достижение определенной температуры в центре изделия путем поддержания температуры охлаждающего воздуха вблизи поверхности буханки в заданных пределах, его скорости и влажности, а также поддержания скорости конвейера в пределах при условии, что усушка для каждого вида изделия не превысит величины, указанной ГОСТ.

В пищевой промышленности при разработке систем управления сложными комплексами необходимо учитывать их аппаратно-технологические особенности [4].

С учетом наличия внешних возмущающих воздействий ступенчатого характера и системного запаздывания был принят комбинированный способ стабилизации процесса охлаждения хлебобулочных изделий [5, 6]. Предложенная структура способа стабилизации включает в себя многоканальную систему с внесением управляющих воздействий по величине текущего значения температуры изделия с предвычислением потенциально возможного отклонения температуры свежеспеченного хлебобулочного изделия в процессе охлаждения на спиральной конвейерной установке. При этом необходимо отметить, что формирование уровня стабилизирующих воздействий по каналам управления определяется по температуре поверхности хлебобулочных изделий с учетом теплофизических свойств, формы и параметров охлаждения свежеспеченного изделия [7, 8].

Выбор системы стабилизации процесса охлаждения хлебобулочных изделий, ориентированный на многоканальную структуру, обусловил необходимость разработки математической модели, применение которой должно обеспечить возможность

предварительного вычисления как ожидаемого, так и текущего отклонения температуры охлаждаемого изделия [9].

Моделирование основывается на втором законе Фурье для теплопередачи и на законе Фика для массопередачи [10].

Результаты исследований аппаратурно-технологических факторов процесса охлаждения хлебобулочных изделий подтвердили возможность использования многоканального внесения управляющих воздействий, обеспечивающих стабилизацию температуры на заданном уровне и приемлемую по производительности синхронизацию оборудования технологической линии производства хлебобулочных изделий [11]. При этом управление процессом охлаждения должно обеспечивать выполнение основной задачи – оперативной и качественной стабилизации температуры готового продукта [12].

Определенное сочетание суммарного влияния неуправляемых факторов может обусловить отклонение (превышение) температуры готового продукта до 6°C , что заставит производителя делать паузу между операциями охлаждения и нарезки/упаковки хлебобулочных изделий, так как последние операции возможны при температуре продукта не превышающей 37°C в центре мякиша. Потенциальный уровень влияния управляемых факторов может обеспечить принудительное изменение температуры в пределах до 14%. Учитывая, что потенциальный уровень суммарного воздействия управляемых факторов, более чем в два раза превышает уровень воздействия неуправляемых факторов, возможно обеспечить гарантированную компенсацию отклонения температуры готового продукта, вызванное возмущающими воздействиями.

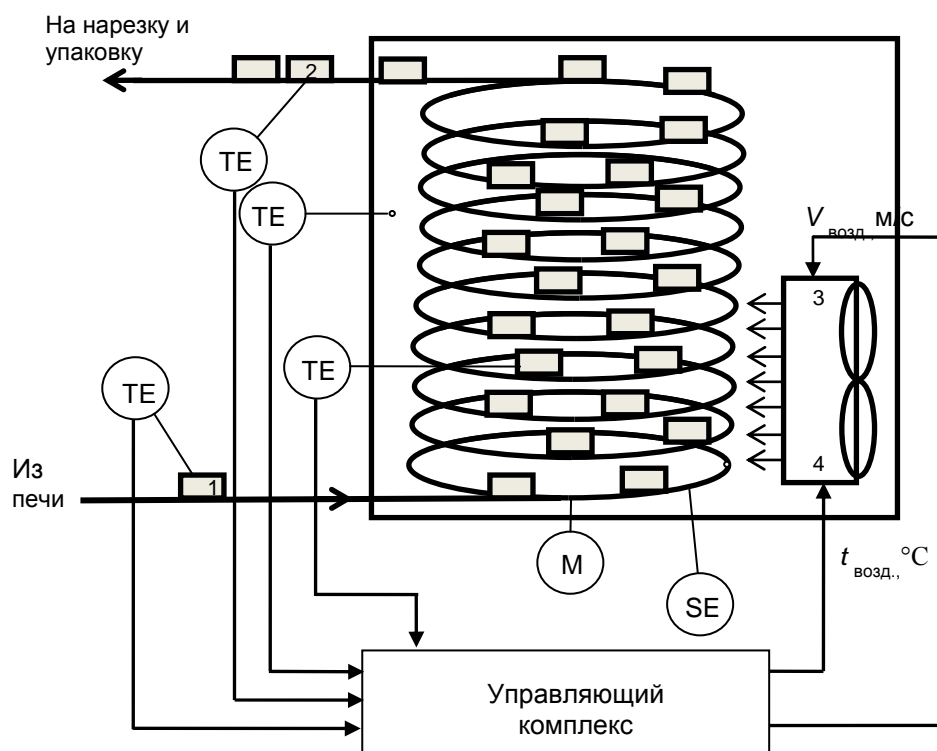


Рисунок. Структурная схема процесса стабилизации температуры охлаждаемых хлебобулочных изделий в технологическом процессе их производства

Реализовать функциональные операции, связанные с выполнением основной задачи позволяет разработанная структурная схема (рисунок). Она обеспечивает контроль, сбор и обработку аппаратурных и технологических параметров процесса охлаждения хлебобулочных изделий, предвычисление потенциально ожидаемых

отклонений температуры в центре мякиша охлаждаемого изделия и формирование управляющих воздействий на основе предвычисленных и текущих отклонений.

Структурная схема стабилизации, основу которой составляет управляющий комплекс, обеспечивает выполнение операций, связанных со стабилизацией температуры охлаждаемых изделий, следующим образом. По результатам предварительного анализа технологических параметров процесса и теплофизических свойств, формы и массы охлаждаемых изделий и температуры поступающего на участок охлаждения изделия управляющий комплекс предвычисляет ожидаемое отклонение температуры в центре изделия. По сигналу первичного преобразователя температуры на поверхности изделия управляющий комплекс рассчитывает текущую температуру внутри изделия и формирует необходимые управляющие воздействия одновременно по каналам температуры и скорости обдувающего продукт воздуха [13]. В процессе охлаждения при отклонении текущей температуры охлаждаемых изделий от заданного значения управляющий комплекс также вносит управляющие воздействия.

В существующей системе в случае повышения температуры охлаждаемого продукта, обусловленного возникновением положительного возмущающего воздействия, оператор вносит очередные управляющие воздействия, как правило, по двум каналам управления: уменьшает скорость движения конвейерной ленты и увеличивает скорость обдувающего продукт воздуха. Уровни очередных управляющих воздействий по каналам, устанавливаемые в пределах, рекомендованных технологическими инструкциями, определяются с таким расчетом, чтобы каждый канал управления независимо от другого мог обеспечивать снижение температуры продукта до заданного значения.

Уменьшение скорости движения конвейерной ленты приводит к снижению температуры продукта из-за увеличения времени пребывания изделий в зоне охлаждения. Увеличение скорости обдувающего продукт воздуха также приводит к снижению температуры изделий с задержкой, обусловленной временем запаздывания управляющего воздействия, и выразится в снижении температуры продукции ниже заданного значения, что вынудит оператора увеличить скорость движения конвейера, что отрицательно скажется на синхронизации работы участков охлаждения, нарезки и упаковки хлебобулочных изделий.

При понижении температуры охлаждаемых изделий, обусловленном поступлением возмущающего воздействия, оператор уменьшает скорость обдувающего продукт воздуха и увеличивает скорость движения конвейерной ленты, чтобы сократить время пребывания охлаждаемой продукции в зоне охлаждения, в противном случае изделия подвергнутся усушке.

Предлагаемая система обеспечивает внесение предвычисляемых очередных управляющих воздействий по двум каналам управления: температуре обдувающего продукт скорости воздуха и его скорости. Предвычисляемые очередные управляющие воздействия вносятся с опережением на время запаздывания управляющего воздействия соответствующего канала управления: по температуре воздуха 150–200°C и по скорости воздуха 100–150 м/с. Уровень предвычисляемых очередных управляющих воздействий определяется исходя из того, что их суммарное воздействие по двум каналам управления должно компенсировать отклонение температуры продукта, вызванное возмущающим воздействием. При поступлении положительного возмущающего воздействия, вносятся очередные управляющие воздействия, снижающие температуру продукции, а при поступлении отрицательного возмущающего воздействия, вносятся очередные управляющие воздействия, «повышающие» т.е. сохраняющие температуру продукта в данный момент времени на данном уровне.

Таким образом, предложенный способ стабилизации обеспечивает условие управления процессом формирования температуры охлаждаемого изделия по каналу температуры обдувающего продукт воздуха в рамках многоканальной системы управления. При этом формирование уровней стабилизирующих воздействий, обеспечивающих синхронизацию взаимодействия каналов управления, включая их работу в режимах, рекомендуемых технологическими инструкциями и согласованных с текущим значением температуры в центре мякиша изделия, вычисленной по температуре поверхности данного изделия, обеспечивается управляющим комплексом.

Программное обеспечение разработано для создания информационно-советующей системы, реализующей операции контроля поступления изделия из печи на ленту конвейерной системы охлаждения, аппаратурных и технологических факторов процесса, а также управления процессом охлаждения хлебобулочных изделий.

Для поиска оптимальных сочетаний значений управляемых факторов применен метод последовательного перебора. Интерфейс разработанного программного обеспечения обеспечивает взаимодействие между оператором и информационно-соответствующей системой в диалоговом режиме.

Данные поступают в управляющий комплекс в автоматическом режиме либо их вводит оператор в диалоговом режиме. По окончании расчета новые значения управляющих факторов поступают на соответствующие исполнительные механизмы, а также на пульт оператору, который в зависимости от производственной ситуации может внести изменения в работу системы.

Вся информация, полученная в ходе охлаждения каждой партии свежеспекаемых хлебобулочных изделий, хранится в банке данных управляющего комплекса. Разработанный алгоритм и программное обеспечение позволяют осуществлять стабилизацию температуры хлебобулочных изделий различного ассортимента в процессе их охлаждения.

Литература

1. Пастухов А.С., Данин В.Б. Современные методы борьбы с усушкой хлебобулочных изделий // Изв. СПбГУНиПТ. – 2006. – № 1. – С. 88–90.
2. Пастухов А.С., Богатырев А.В., Данин В.Б., Балюбаш В.А. Анализ аппаратурно-технологических факторов процесса охлаждения хлебобулочных изделий // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2014. – № 3. – С. 205–216.
3. Пастухов А.С., Данин В.Б. Процесс конвективного охлаждения хлебобулочных изделий как объект исследования // Изв. СПбГУНиПТ. – 2008. – № 2. – С. 17–18.
4. Балюбаш В.А., Алешичев С.Е., Добряков В.А. Совершенствование систем управления аппаратурно-технологическими комплексами пищевой промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://processes.ihbt.ifmo.ru/file/article/9044.pdf>, своб.
5. Пастухов А.С., Данин В.Б. Общие сведения об охлаждении хлеба // Изв. СПбГУНиПТ. – 2007. – № 1. – С. 37–41.
6. Пастухов А.С. Способы охлаждения хлебобулочных изделий перед нарезкой и упаковкой // Сб. трудов молодых ученых. – 2005. – С. 60–61.
7. Данин В.Б., Пастухов А.С. Аналитическое выражение коэффициента теплопроводности в процессе охлаждения хлебобулочных изделий // Вестник Международной академии холода. – 2011. – № 2. – С. 50–55.
8. Пастухов А.С., Данин В.Б. Повышение энергоэффективности процесса охлаждения хлебобулочных изделий // Сб. тезисов докладов II Всероссийского конгресса молодых ученых. – 2013. – Вып. 4. – С. 78–79.

9. Пастухов А.С., Данин В.Б. Разработка системы стабилизации параметров процесса охлаждения хлебобулочных изделий в автоматизированной системе управления технологическим процессом хлебопекарного производства. Параметрическая схема объекта управления // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2013. – № 2. – С. 22.
10. Pastukhov A., Danin V. Model development for fresh baked bread natural and forced cooling // 6th Baltic Conference on Food Science and Technology: Innovations for Food Science and Production. – 2011. – P. 209–214.
11. Данин В.Б., Пастухов А.С. Поступление хлебобулочных изделий на участок охлаждения. Оптимизация на основе модели системы массового обслуживания // Вестник Международной академии холода. – 2014. – № 3. – С. 61–63.
12. Pastukhov A. Automatic control and maintaining of cooling process of bakery products // Agronomy Research. – 2015. – V. 4. – № 13. – P. 1031–1039.
13. Данин В.Б., Пастухов А.С. Разработка вычислительной системы параметров процесса охлаждения хлебобулочных изделий на основе математического моделирования // Процессы и аппараты пищевых производств. – 2012. – № 1. – С. 22.

УДК 535.62, 535.65

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЕМОГО СВЕТОДИОДНОГО
ИСТОЧНИКА СВЕТА СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ
ЗАДАЧИ ЦВЕТОВОГО АНАЛИЗА ОБЪЕКТОВ В АВТОМАТИЧЕСКОМ
РЕЖИМЕ**

В.С. Перетягин

Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. А.Н. Чертов

На сегодняшний день разработки специализированных светодиодных устройств освещения являются актуальными и востребованными. Использование светодиодной продукции, например, в оптико-электронных системах цветового анализа объектов, позволяет обеспечить оптимальные условия для обнаружения и анализа объекта. Основная причина внедрения (использования) светодиодных технологий заключается в большом выборе цветов свечения, а также конструкции светодиода (определяющей пространственные, электрические, тепловые, энергетические и другие его параметры). Кроме того на основе светодиодов можно создавать многокомпонентные, цветные и управляемые устройства освещения с различной структурой, количеством излучателей, расстоянием между ними и т.д. При этом следует уделять больше внимания созданию специализированных устройств освещения, применяемых, например, в оптико-электронных системах, и обеспечивающих определенный характер распределения освещения и (или) распределения цветовой картины на заданном расстоянии (например, рабочей зоны, зоны анализа или наблюдения).

Ключевые слова: источник многокомпонентный, цветность, RGB-источник.

Одним из способов решения сложившейся проблемы является моделирование параметров и характеристик светодиодных устройств, а также процессов освещения. Существующие модели или способы, описывающие пространственное распределение освещенности от светодиодного источника света (СИС), расположенного на заданном расстоянии от зоны анализа, построены на классической теории, в основу которой положен закон Ламберта. Таким образом, в существующих моделях светодиод представлен как источник Ламберта (источник Ламберта имеет постоянную энергетическую яркость, независимую от направления, и силу излучения, изменяющуюся пропорционально косинусу угла падения), а СИС – набором данных источников. Однако энергетическая яркость реальных светодиодов (СИД) не является постоянной во всех направлениях, кроме того большинство СИД являются

источниками с узконаправленным излучением (например, с углом свечения, равным 15°) или имеют энергетический провал в центральной части излучения. Для описания данных эффектов можно воспользоваться двумя функциями (функцией Гаусса и функцией косинуса).

Функция Гаусса описывает СИД с углом свечения 15–140° и имеет вид:

$$I(\theta, \varphi) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(\theta - \mu)^2}{2\sigma^2}\right\}, \quad (1)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение (СКО); μ – математическое ожидание (МО); σ^2 – дисперсия. Необходимо помнить, что при уменьшении СКО происходит сужение и вытягивание функции, при увеличении СКО – уплощение функции, а также при изменении МО происходит смещение (сдвиг) функции.

Помимо светодиодов узконаправленного излучения встречаются светодиоды с энергетическим провалом в центральной части излучения. Для моделирования индикатрисы СИД с энергетическим провалом в центральной части излучения используется функция косинуса:

$$I(\theta, \varphi) = \begin{cases} c_1 - c_2 \cdot \cos([180/\gamma] \cdot \theta) & \text{if } \theta < \gamma \\ \cos(\theta - \gamma) & \text{if } \gamma \leq \theta \leq 90^\circ \\ \cos(\theta + \gamma) & \text{if } -90^\circ \leq \theta \leq -\gamma \end{cases}, \quad (2)$$

где c_1 и c_2 – константы, описывающие глубину энергетического провала; γ – угол, описывающий ширину энергетического провала. Необходимо помнить, что при изменении значений углов происходит изменение величины энергетического провала (его глубины и ширины). Модели индикатрисы излучателя представлены на рис. 1.

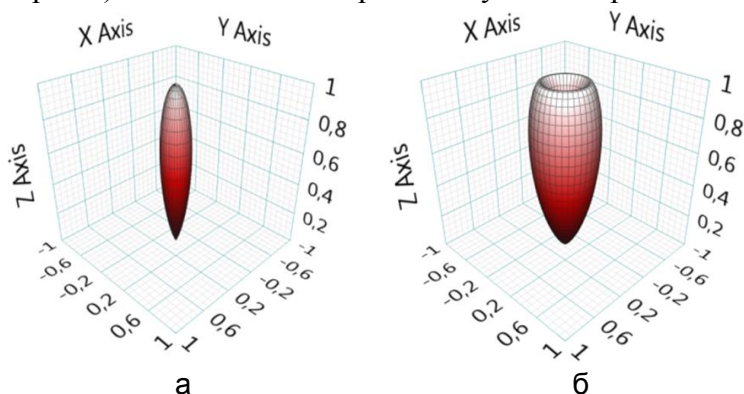


Рис. 1. Индикатриса излучения: функция Гаусса (а) и функция косинуса (б)

Для построения модели, представленной на рис. 1, а, значение СКО было принято равным 0,1, а значение МО – 0. Данная модель соответствует индикатрисе СИД с углом свечения 15°. Для построения модели, представленной на рис. 1, б, значение константы c_1 принималось равным 0,95, значение константы c_2 – 0,05, а угла γ равным 15°.

Модели, предложенные на рис. 1, необходимы для построения моделей пространственного распределения освещенности и распределения цвета по зоне анализа, образованных, как от СИС в целом, так и от отдельных излучателей, вошедших в данный источник.

Для построения моделей пространственного распределения освещенности от СИС необходимо на излучающей поверхности в определенном порядке расположить излучатели, составляющие разрабатываемый источник, т.е. создать кластер (шаблон или модель, соединяющую ближайшие излучающие элементы в определенном порядке). При этом, изменяя, например, взаимное расположение отдельных излучателей или расстояние от источника излучения до зоны анализа, можно обеспечить необходимое распределение освещенности от кластера на заданном

расстоянии. Существует несколько классических вариантов упорядоченных структур расположения (рис. 2).

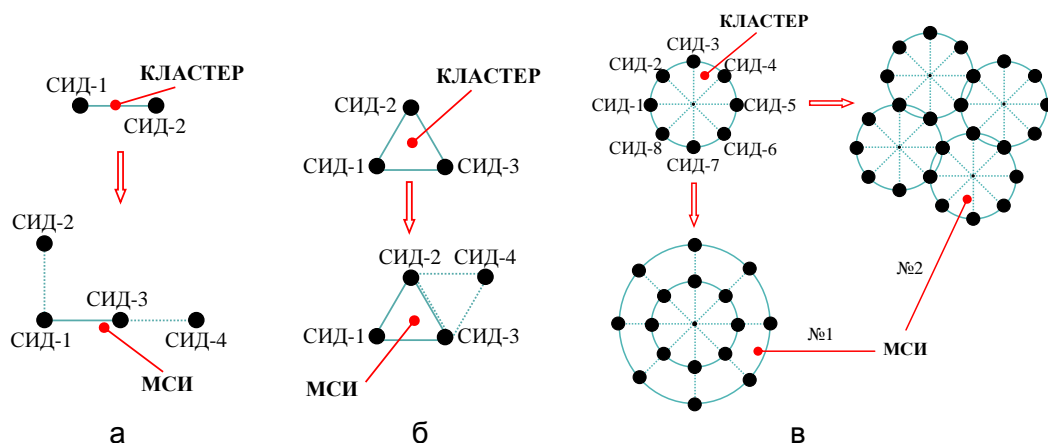


Рис. 2. Структура многокомпонентных светодиодных источников (МСИ): регулярная (а); сотовая (б) и кольцевая (в)

Количество кластеров и их взаимное расположение определяют структуру СИС. Например, линейное расположение излучателей в кластере определяет регулярную структуру СИС, треугольное расположение СИД (встречается в RGB СИД) определяет сотовую структуру и т.д.

Обобщенная функция, описывающая пространственное распределение освещенности в зоне анализа от кластера, имеет вид:

$$E(x, y) = \sum_a \sum_b \frac{I(x + an, y + bm)}{r^2}, \quad (3)$$

где $I(x, y)$ – сила излучения в декартовой системе координат; a и b – номер излучателя; n и m – расстояние между излучателями; r – расстояние от источника света до зоны анализа.

В качестве уравнения силы света $I(x, y)$ используются функция Гаусса и функция, описывающая энергетический провал.

Используя уравнение (3), напишем уравнение и построим модель пространственного распределения освещенности в зоне анализа для линейного кластера, образованного тремя излучателями (с одинаковыми параметрами и характеристиками излучения) и расположенного на расстоянии 100 мм от зоны анализа. Уравнение освещенности от линейного кластера имеет вид:

$$E(x, y) = \sum_a \frac{I(x, y + am)}{r^2}. \quad (4)$$

Соответствующая модель представлена на рис. 3.

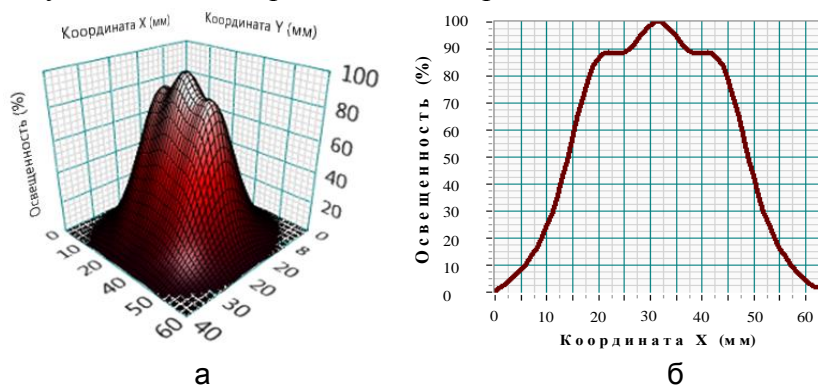


Рис. 3. Модель пространственного распределения освещенности в зоне анализа от линейного кластера: трехмерная модель (а) и ее осевое сечение (б)

При построении модели, представленной на рис. 3, в качестве уравнения силы света $I(x,y)$ использовалась функция Гаусса. При использовании функции Гаусса значение СКО принималось равным 3. Представленный кластер – линейного типа, излучатели находятся на расстоянии 12 мм друг от друга. Из рисунка видно, что при суммировании излучения, образованного несколькими точечными источниками одинаковой мощности, в центральной части наблюдается ярко выраженный пик освещенности, превышающий краевые значения примерно на 10%.

Аналогичным образом построим модель пространственного распределения освещенности в зоне анализа от треугольного кластера. Для этого снова воспользуемся уравнением (3). Следует помнить, если a является четным числом при построении модели пространственного распределения освещенности для треугольного кластера, тогда b является целым числом (например, 1, 2 и т.д.), если a – нечетное число, тогда b – дробное число (например, 0,5; 1,5 и т.д.).

Модель пространственного распределения освещенности в зоне анализа от треугольного кластера, состоящего из трех элементов с одинаковыми параметрами и характеристиками излучения, представлена на рис. 4.

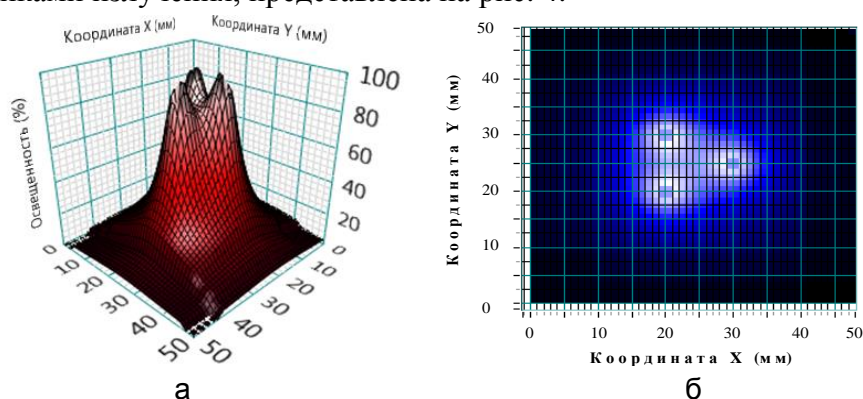


Рис. 4. Модель пространственного распределения освещенности в зоне анализа от треугольного кластера: трехмерная модель (а) и вид сверху (б)

Данный кластер расположен (так же, как и в предыдущем случае) на расстоянии 100 мм от зоны анализа. При построении модели, представленной на рис. 4, в качестве уравнения силы света $I(x,y)$ использовалось уравнение (2). При использовании данного уравнения значение констант c_1 было взято равным 0,95, а c_2 – 0,05. Представленный кластер – треугольного типа, излучатели образуют равносторонний треугольник с ребром 10 мм. Из рисунка видно, что, во-первых, при суммировании излучения, образованного несколькими точечными источниками одинаковой мощности, в центральной части явно выражен энергетический провал освещенности (примерно на 15%), и, во-вторых, у каждого из трех излучателей также присутствует энергетический провал.

Используя линейный кластер, рассмотренный ранее, построим модель пространственного распределения освещенности и распределения цвета по зоне анализа от СИС, образованного 16 СИД (8 белого «теплого» и 8 белого «холодного» сечения), составляющими регулярную структуру и расположенными на расстоянии 12 мм друг относительно друга.

При построении модели пространственного распределения освещенности от МСИ, расположенного на расстоянии 50 мм от зоны анализа и образованного из 16 СИД (8 белого «теплого» и 8 белого «холодного» свечения), составляющих регулярную структуру МСИ и расположенных на расстоянии 20 мм друг от друга, использовалось уравнение (3). Из трехмерной модели, представленной на рис. 5, а, видно, что данное расположение СИД позволяет относительно равномерно освещать белым светом область 121×18 мм. Следует отметить, что при

суммировании излучений от всех СИД в центральной части зоны анализа заметен ярко выраженный рост освещенности по сравнению с граничными значениями. Кроме того, при смешении двух цветов в центральной части зоны анализа образовался бело-желтый цвет (рис. 5, г). Для излучения, падающего на центральную область зоны анализа, была построена спектральная характеристика (рис. 5, в). Кроме того, чтобы показать однородность распределения цвета по освещаемой плоскости, были рассчитаны и представлены на локусе (рис. 5, д) координаты цветностей в нескольких точках пространства.

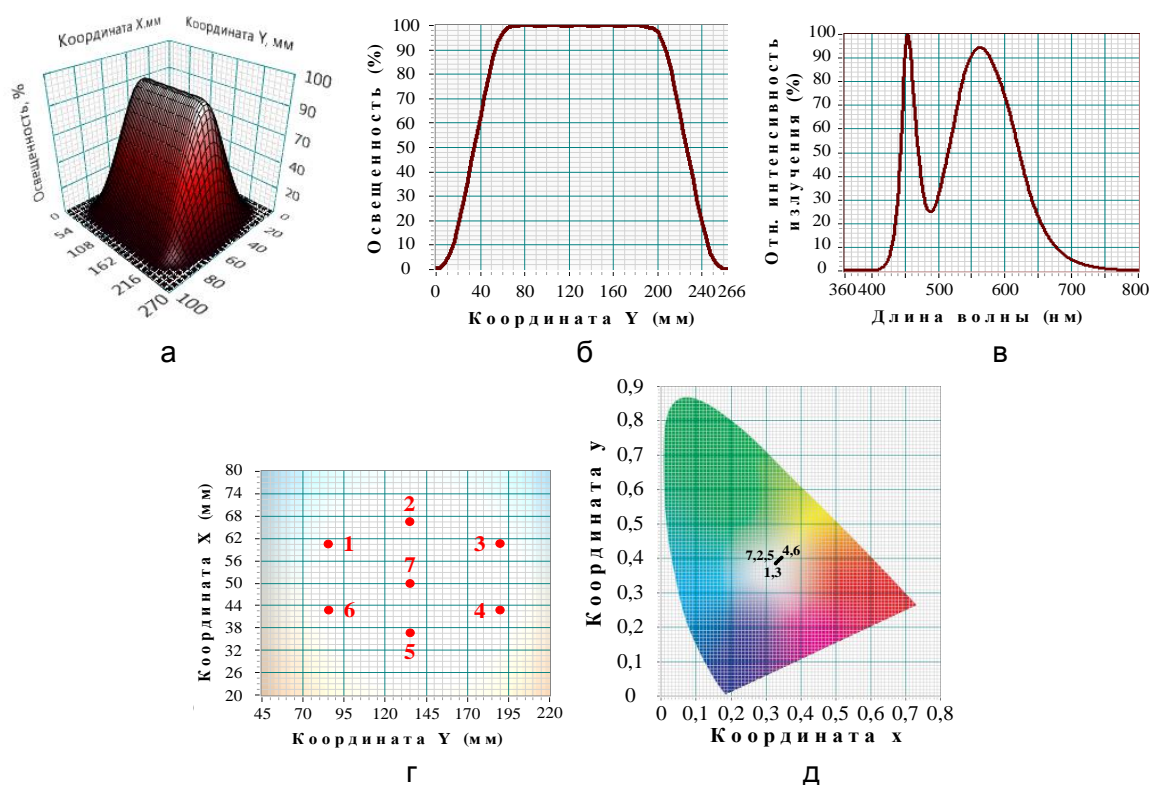


Рис. 5. Результаты моделирования двуцветного МСИ: модель пространственного распределения освещенности (а), ее осевое сечение (б); спектральная характеристика (в); распределение цвета по освещаемой плоскости (г) и диаграмма цветностей (д)

Литература

1. Кириллов Е.А. Цветоведение: учебное пособие для вузов. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 128 с.
2. Горбунова Е.В., Перетягин В.С., Чертов А.Н. Организация освещения рабочей зоны опико-электронных систем цветового анализа промышленного назначения // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 3(73). – С. 140.
3. Горбунова Е.В., Лашманов О.Ю., Перетягин В.С. Многоэлементный цветной источник излучения // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – № 5(81). – С. 154–155.
4. Chertov A.N., Gorbunova E.V., Korotaev V.V., Peretyagin V.S., Serikova M.G. Simulation of the multicomponent radiation source with the required irradiance and color distribution on the flat illuminated surface // Proc. SPIE. – 2012. – V. 8429. – P. 8429OB-1-8429OB-8.
5. Gorbunova E.V., Peretyagin V.S., Chertov A.N. Automated hardware and software complex for extended light sources verification // Proc. SPIE. – 2013. – V. 8788. – P. 87883Q.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНЫХ АБСТРАКЦИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ НА КРИСТАЛЛЕ**В.Ю. Пинкевич****Научный руководитель – д.т.н., профессор А.Е. Платунов**

Системы на кристалле представляют собой перспективное и активно развивающееся направление элементной базы электронных приборов. Благодаря высокой степени интеграции разнородных вычислительных и других электронных блоков достигается высокая эффективность конечного изделия. Проектирование систем на кристалле представляет собой нетривиальную задачу, требующую учета большого числа факторов и их взаимного влияния. В данной статье рассматриваются методы, направленные на формализацию проектирования с применением архитектурных абстракций – аспекта, оси проектного пространства и механизма. С применением предлагаемого метода проведен анализ языков, используемых при проектировании систем на кристалле. В качестве инструментальной поддержки метода предложен способ аннотирования исходных текстов для последующей автоматизированной обработки.

Ключевые слова: система на кристалле, архитектурная абстракция, компьютерная архитектура, системное проектирование.

Введение

Система на кристалле (СнК) – вид интегральной микросхемы, которая объединяет в себе все компоненты законченной электронной системы. По своим особенностям проектирования СнК наиболее близки к встраиваемым вычислительным системам (ВсС). Во многих случаях СнК может рассматриваться как частный случай ВсС.

На концептуальном уровне процесс проектирования ВсС и СнК должен базироваться на методологиях их комплексного представления [1]. В литературе принято относить данный уровень рассмотрения системы к области системного проектирования (system-level design – SLD и electronic system-level design – ESL) [2], однако уже в [3] отмечается, что задачи этого этапа проектирования шире. Также данную область деятельности можно назвать высокоуровневым проектированием (High Level Design – HLD). Этот термин используется в HLD-методологии проектирования ВсС, которая предложена на кафедре вычислительной техники Университета ИТМО [4, 5].

Этап высокоуровневого (концептуального или архитектурного) проектирования вычислительной системы является наиболее важным и, в то же время, наименее формализованным. На этом этапе используются абстрактные системные понятия, которые в значительной степени формируют проект вычислительной системы, но не фиксируются в явном виде в ее реализации.

Языки проектирования программирования, моделирования и другие являются важнейшими средствами реализации ВсС. В совокупности с инструментальными средствами они представляют собой платформы, в рамках которых существуют средства абстрагирования, позволяющие явно выделять концептуально значимые единицы – модули, классы, функции, макросы и т.п. Однако серьезная проблема состоит в том, что стандартные языки программирования и проектирования далеко не всегда позволяют составлять спецификацию системы непосредственно в тех же терминах, в которых ее представляет проектировщик.

Примерами сложно выделяемых единиц являются: сквозные механизмы, поддержка которых разбросана по исходному коду спецификации (средства обеспечения надежности, снижения энергопотребления и т.п.); механизмы, затрагивающие несколько уровней системы, описанных на разных языках (например,

на языках описания аппаратуры и языке программирования); любые значимые логические конструкции, не поддерживаемые средствами языка непосредственно. Если при проектировании использовались абстракции уровнем выше абстракций языка и стандартной библиотеки, то они часто остаются только в представлении проектировщика.

В связи с этим необходимо иметь возможность устанавливать соответствие между проектными абстракциями разработчика, и конструкциями, непосредственно предоставляемыми применяемыми языками. Для этого необходимо иметь как методологическую основу, так и средства автоматизации, позволяющие разработчику использовать данный подход на практике.

Существующие подходы

Одним из известных инструментов для явного применения желаемых абстракций в проектировании является использование проблемно-ориентированных языков (domain-specific language, DSL) [6]. Однако этот подход требует глубокой формализации задачи и имеет другие ограничения [7].

В существующих концептуальных моделях для проектирования и анализа ВcС и СнК обычно предусматривается выделение некоторых максимально независимых осей в пространстве возможных вариантов решения проектных задач. По осям размещаются отметки, представляющие способы решения задач. На рисунке показаны примеры осей в существующих методологиях и классификациях. Данные классификации рассматривают свойства моделей аппаратных структурных блоков вычислительных систем. Также они могут быть применены для анализа свойств языков программирования и проектирования таких блоков [2]. Однако, что очень важно, представленные модели не затрагивают проблему сквозных механизмов.

Описание предлагаемого метода

На основе понятий, моделей и принципов HLD-методологии проектирования ВcС предлагается следующий метод анализа проектных сущностей и языков реализации СнК. Проектирование должно вестись в рамках аспектного подхода. На начальном шаге архитектором системы производится выделение важных, по его мнению, сегментов (аспектов) проектного пространства, каждый из которых отражает частную проблему проекта по ходу его выполнения. В рамках одного аспекта выделяются наборы осей проектного пространства (подпространства). Одна ось представляет собой конкретную задачу в проекте. По каждой оси располагается набор ранжированных по определенному критерию вычислительных (и иных) механизмов, которые предоставляют средства решения проектных задач.

Центральным понятием данного метода является вычислительный механизм (ВМх). Он представляет собой архитектурный шаблон, демонстрирующий принципы организации части вычислительного процесса. В отличие от известного понятия «паттерн проектирования», ВМх должен прозрачно предоставлять полезные «вычислительные» технические принципы без закрепления условий их конкретной реализации. Таким образом, ВМх следует рассматривать в качестве определенной категории паттернов проектирования для вычислительной техники. Наряду с вычислительными используются и иные категории механизмов, например, механизмы надежности, верификации, отладки. Таким образом, механизм представляет собой универсальный элемент, который может быть выделен как в рамках одного языка проектирования, так и в рамках нескольких уровней, для работы с которыми используется несколько языков. Отметки на осях, предлагаемые в методологиях [2, 8–

10], в ряде случаев могут трактоваться как варианты механизмов, а предложенные оси – использоваться в качестве осей проектного пространства.

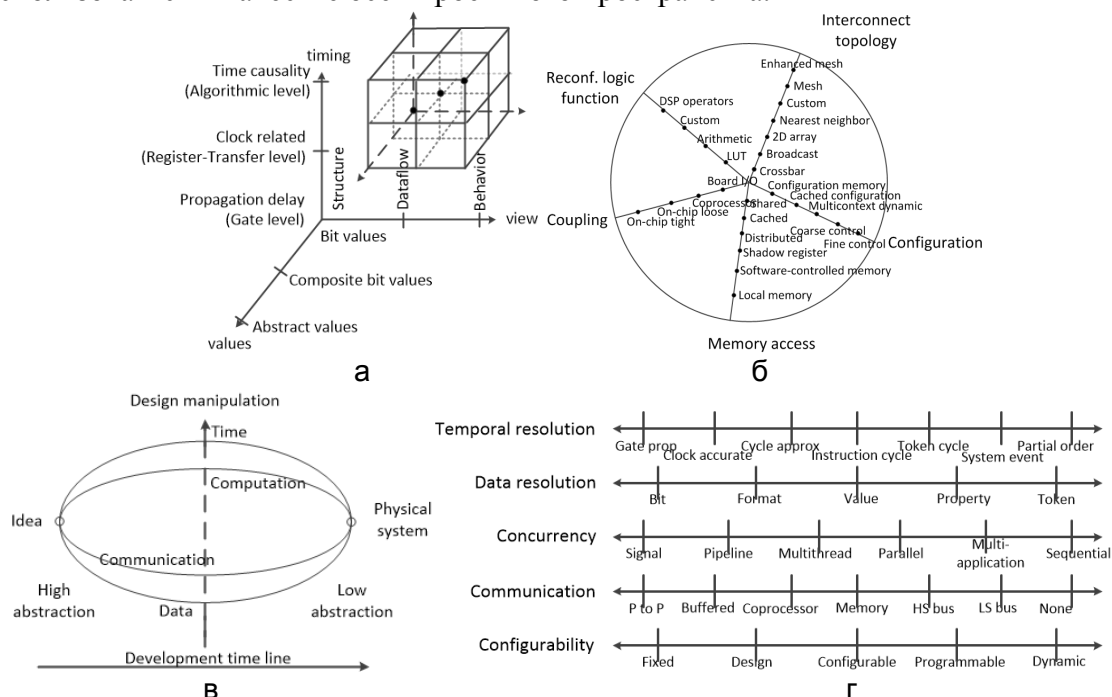


Рисунок. Варианты представления проектного пространства при проектировании и анализе систем на кристалле: проектный куб [8] (а); развитие проектного пространства [9] (б); регби-модель [10] (в); ESL-таксономия [2] (г)

При реализации ВсС наборы аспектов, осей проектного пространства и механизмов в рамках каждой оси используются разработчиками в качестве библиотеки проектных решений, прежде всего, на концептуальном уровне. Составленные в этих терминах модели системы могут использоваться, в том числе на этапе верификации [11].

Для автоматизированной поддержки данного подхода предлагается производить аннотирование исходного текста проектов (прежде всего, многоязыковых). Для этого разработан язык тегов, основанный на использовании комментариев специального формата. Аннотированный код позволяет производить быструю навигацию по фрагментам реализации механизмов, что упрощает ручной контроль корректности их реализации.

Пример применения метода

Предлагаемый метод был применен к задаче анализа типичного набора языков, используемого при проектировании и разработке СнК с применением программируемых процессоров и специализированных аппаратных блоков. Такая СнК может быть реализована на программируемой логической интегральной схеме или в виде заказной микросхемы.

В рассматриваемый набор входят языки описания, моделирования и верификации аппаратуры, а также ассемблер абстрактного программируемого последовательного процессора (абстрактный ассемблер). Последний отражает возможности программной реализации, не привязываясь к конкретным архитектурам и конфигурациям процессоров. При необходимости набор механизмов этого языка может быть расширен посредством специализации процессора. В качестве примеров могут быть использованы ассемблеры процессоров Microblaze (Xilinx), NIOS (Altera) и подобных.

Для проведения анализа был выбран набор осей проектного пространства, включающий четыре оси, предложенные в ESL-таксономии, и две дополнительные. Дополнительные оси – соотношение потоков данных и управления (data flow / control flow) и ось механизмов функциональной верификации. Результаты анализа представлены в таблице.

Таблица. Встроенные механизмы языков

Оси проектного пространства	Языки				
	SystemVerilog (синтезируемое подмножество)	SystemVerilog (для симуляции)	SystemC (для симуляции)	Абстр. ассемблер	SysML (только моделир-е)
Синхронизация	Потактовая	Потактовая, системные, част. упорядоч. события	Потактовая, системные, част. упорядоч. события	Командный цикл	Част. упорядоч. события
Абстракция данных	Битовая, форматы данных	Все	Все	Битовая	От форматов данных до токенов
Параллелизм	На уровне сигналов и блоков	На уровне сигналов и блоков	На уровне сигналов, блоков и программных процессов	Только последовательно	На уровне сигналов, блоков и приложений
Коммуникации	Точка-точка и буферизованные	То же, что и для синтеза	Точка-точка, буферизованные, память	Нет	Нет специального механизма
Data flow / control flow	Комб. и посл. логика	То же, что и для синтеза	Как в синт. SystemVerilog	Проц-р как платформа	Конечные автоматы, поток управления
Функц. верификация	Нет	Утверждения, случайное	Нет	Нет	Нет

Языки обладают встроенной поддержкой механизмов определенного уровня сложности (или абстрактности). Также, в большинстве случаев, они обладают средствами совмещения простых механизмов для реализации более сложных. Исходя из этого, в рамках данного подхода языки можно также анализировать в двух вариантах – с точки зрения механизмов, имеющих встроенную в язык поддержку, и с точки зрения механизмов, которые эффективно реализуются средствами языка на основе встроенных [7].

В качестве инструмента для работы с проектными сущностями, которые не могут быть адекватно выражены существующими стандартными языковыми средствами непосредственно, предложен способ разметки исходного кода многоязыковых проектов для последующей автоматизированной обработки. Маркеры вставляются в комментарии, и могут быть использованы в коде на любом языке, поддерживающем комментарии. Поддерживается маркировка отдельных строк и непрерывных участков кода.

Синтаксис маркера может быть записан с помощью расширенной формы Бэкуса–Наура следующим образом:

```
mark_type = "ln"|"bg"|"ed".
mark_header = "~cm~", mark_type, "~ ".
mark = mark_header, cm_name, {" : ", cm_name },
```

где `cm_name` – любая строка, не включающая проблемы и знаки двоеточия.

Тип маркера `mark_type` указывает, что это – строка, начало участка, конец участка. Имя механизма `cm_name` указывает, к какому механизму относится данный участок кода. Может быть указано более одного механизма на маркер.

Разметка исходных текстов позволяет решать следующие задачи:

- документирование реализации механизмов;
- поддержка навигации по фрагментам реализаций механизмов;
- поддержка контроля корректности реализации механизмов.

Заключение

Предложенный метод позволяет частично формализовать процесс проектирования с помощью системы понятий HLD-методологии. Предлагаемый метод работы с архитектурными абстракциями при проектировании СнК позволяет обоснованно анализировать и сравнивать различные языки проектирования, что повышает качество проектирования.

Метод требует дальнейшей формализации для снижения зависимости качества результата от квалификации эксперта. Необходимо выделение и описание частных подпространств с наборами четко определенных осей и механизмов в качестве типовых для определенных классов проектов и проектных задач.

Литература

1. Teich J. Hardware/software codesign: the past, the present, and predicting the future // Proceedings of the IEEE. – 2012. – V. 100. – P. 1411–1430.
2. Bailey B., Martin G. ESL models and their application. – New York: Springer Publication, 2010. – 446 p.
3. Sangiovanni-Vincentelli A. Quo vadis SLD: reasoning about trends and challenges of system-level design // Proceedings of the IEEE. – 2007. – V. 95(3). – P. 467–506.
4. Platunov A., Kluchev A., Penskoï A. HLD Methodology: The Role of Architectural Abstractions in Embedded Systems Design // 14th GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing. – 2014. – P. 209–218.
5. Platunov A., Kluchev A., Penskoï A. Expanding Design Space for Complex Embedded Systems with HLD-methodology // Proc. of the 6th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops. – 2014. – P. 253–260.
6. Ward M.P. Language-Oriented Programming // Software – Concepts and Tools. – 1994. – V. 15(4). – P. 147–161.
7. Pinkevich V., Platunov A. Using architectural abstractions in embedded system design // Proceedings of the 4th Mediterranean Conference on Embedded Computing. – 2015. – V. 1. – № 1. – P. 3–6.
8. Ecker W., Hofmeister M. The design cube – a model for VHDL designflow representation // Proceedings of the European Design Automation Conference. – 1992. – P. 752–757.
9. Chattopadhyay A. Ingredients of adaptability: a survey of reconfigurable processors // VLSI Design. – 2013. – V. 2013. – P. 18.
10. Jantsch A., Kumar S., Hemani A. A Metamodel for Studying Concepts in Electronic System Design // IEEE Design & Test of Computers. – 2000. – V. 17. – № 3. – P. 78–85.
11. Pinkevich V., Bikovsky S., Kustarev P. Functional monitoring of SoC with dynamic actualization of behavioral model // Proceedings of the 4th Mediterranean Conference on Embedded Computing. – 2015. – P. 85–88.

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ И МОДЕЛИРОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ОПТИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.В. Пирогов

Высокие требования к современному процессу производства высокоточных оптических полимерных изделий и приборов предполагает использование комплекса современных компьютерных систем и оборудования с возможностью удаленного взаимодействия, а также применение различных технологических решений. В работе изучался новый метод организации и автоматизации технологической подготовки производства оптических полимерных изделий на примере светодиодной линзы из поликарбоната. Описан процесс разработки, технологической подготовки производства изделий из полимерных материалов, с использованием аддитивных технологий, средств компьютерного моделирования с целью минимизации возможности возникновения дефектов, а также для выявления конструктивно-технологических факторов.

Ключевые слова: полимерные материалы, технологическая подготовка производства, аддитивные технологии, компьютерное моделирование, оптика, линза, САЕ-система.

Введение

В настоящее время полимерные оптические материалы находят все более широкое применение при производстве изделий, где ранее использовались только неорганические стекла и кристаллы. Это дает ряд преимуществ и открывает новые возможности для развития оптического приборостроения, как для научно-исследовательских работ, так и при создании продукта для широкого применения и специального назначения.

На каждом из этапов проектирования и технологической подготовки производства (ТПП) могут быть применены различные системы автоматизированного проектирования, компьютерного моделирования и технологической подготовки. При этом остаются актуальные теоретические и прикладные задачи по разработке технологий и методик для обеспечения точности изготовления и повторяемости заданных параметров для изделий из стандартных, волокнистых и новых полимерных материалов [1, 2].

Принципы проектирования и технологической подготовки изделий из полимерных материалов

Процессы проектирования и ТПП изделий оптического назначения имеют итерационный характер. Возврат к предшествующим этапам позволяет постепенно улучшать конструктивно-технологические решения, принимаемые на выполняемых этапах. А планирование действий на последующих этапах при выполнении текущего позволяет выстроить процесс в единую цепочку последовательных действий. Подобный подход представлен на рис. 1.

В интегрированном процессе производства оптических изделий применяется метод групповой технологии, что подразумевает классификацию деталей и объединение их в семейства, представляющие собой совокупность объектов, подобных друг другу, по геометрической форме, размерам, материалам и технологическим процессам изготовления [3]. При литье под давлением учитываются особенности литьевой оснастки и литьевой машины при обосновании принадлежности изделия к группе. Подобный подход позволяет использовать унифицированные переналаживаемые литьевые формы.

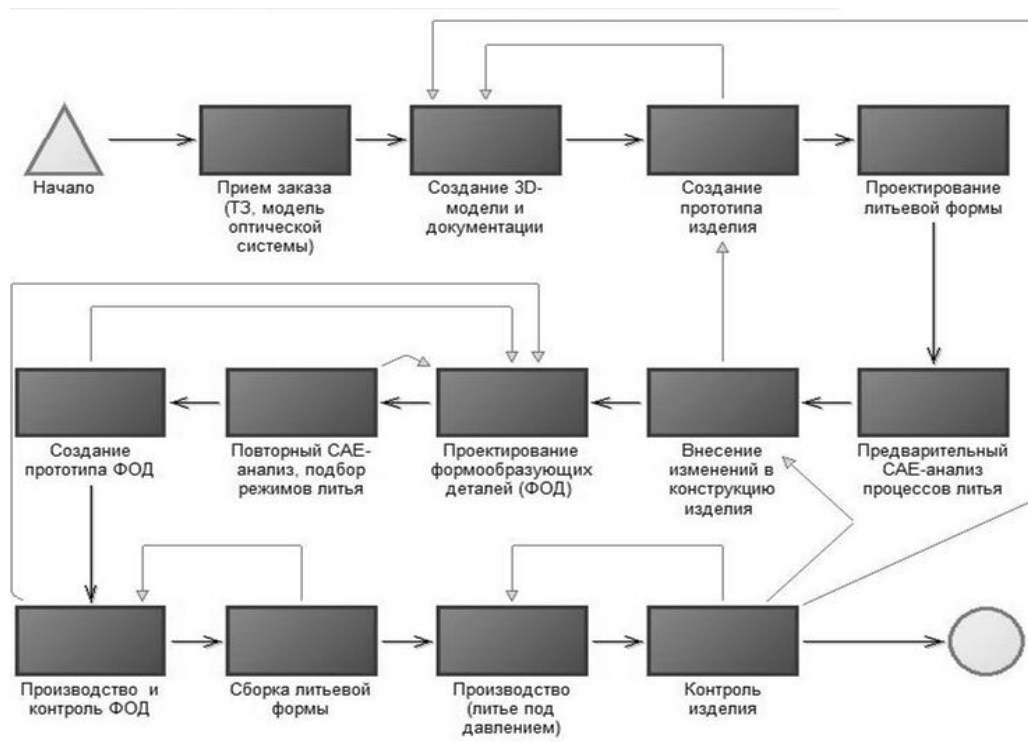


Рис. 1. Схема интегрированного процесса производства оптических изделий из термопластичных полимерных материалов

В качестве объекта исследования выбрана плоско-вогнутая линза диаметром 24 мм со световым диаметром поверхности 17 мм, толщиной в диапазоне 3,0–4,2 мм, используемый материал – поликарбонат Makrolon LED2245 компании Bayer Material Science. На рис. 2 показан эскиз линзы и 3D-модель отливки с литниковой системой. Компьютерное моделирование процессов литья с различной геометрией впускного литника и режимами литья реализовывалось в программе Moldex3D. Для получения прототипов как литейной оснастки, так и самого изделия использовался 3D-принтеры Objet Eden 350V с фотополимером FullCure 720. Переналаживаемая литейная форма с комбинированной горяче-холодно-канальной системой изготовлена из сталей 45 (1.1730) и 40ХГМА (1.2312), а формообразующие детали (ФОД) для малой серии изделий из алюминиевого сплава Д16 [4]. Для механической обработки применялись токарный, 3-координатный фрезерный и 5-координатный фрезерный обрабатывающие центры. Литье под давлением проводилось в литейной машине Ferromatik Milacron EE30-55. Информационная поддержка и управление проектом при разработке и моделированию ТПП полимерных изделий реализованы в системе управления данными об изделии (PDM-системе) SmarTeam [5].

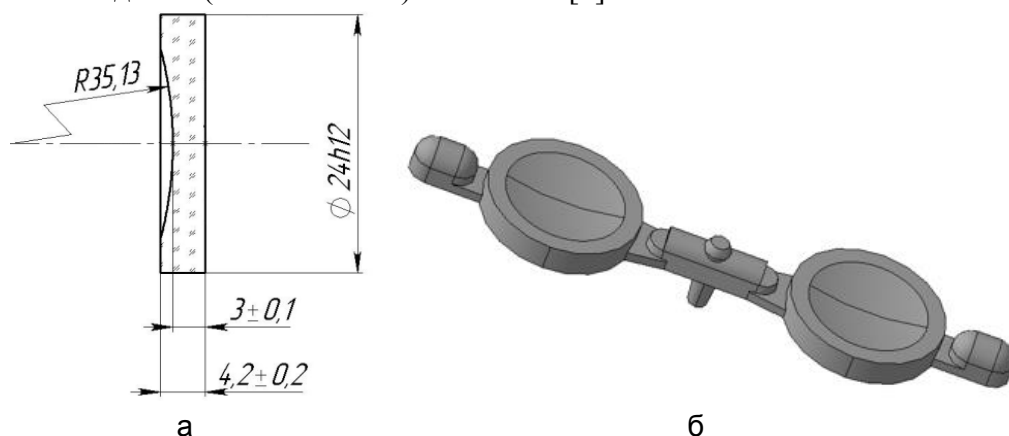


Рис. 2. Эскиз линзы (а) и 3D-модель отливки для двугнездной литейной формы (б)

Одним из ключевых вопросов точности воспроизводства изготавливаемой оптической продукции из термопластичных полимерных материалов являются решения, принимаемые на этапах проектирования и ТПП. Несмотря на использование на этих этапах систем автоматизированного проектирования, анализа и технологической подготовки, автоматизирующие формализованные процедуры, актуальными практическими и теоретическими проблемами остаются проблемы научного обоснования и разработки моделей, методик и технологий, обеспечивающих как качество продукции из традиционных и новых исходных материалов, так и порождающих продукцию процессов.

Применение средств компьютерного моделирования процессов литья позволяет не только значительно сократить время создания и отладки литьевой формы, но и выявить возможные дефекты проектируемых изделий и устранить их на соответствующих этапах ТПП.

Выбор конструктивно-технологических решений, обеспечивающих качество литьевого изделия и стабильность оптических свойств, требует учета особенностей материала, конструкции изделия и литьевой формы. Основным из факторов, оказывающим влияние на точность расчетов является сетка (комбинированная), построенная для компьютерного моделирования по 3D-модели изделия. Однако чтобы приблизить данные компьютерного моделирования к реальным, необходимо построить адекватную расчетную модель, которая основана на 3D-модели изделия и включает в себя модель отливки с литниковой системой, с построенной объемной трехмерной сеткой.

Компьютерный анализ осуществлялся в САЕ-системе Moldex3D, которая обладает уникальным в своем классе набором функций, таких как расчет показателя преломления и возможность проведения 3D-анализа процессов литья. Качество изделия определяется совокупностью факторов, степень влияния которых можно оценить с учетом выявленных в процессе исследования зависимостей. С помощью статистических методов планирования эксперимента в САЕ-системе Moldex3D по методу Г. Тагути была выявлена зависимость между влиянием факторов и качеством получаемого изделия. На основе предварительных результатов инженерного анализа для проведения эксперимента по методу Г. Тагути были определены контролируемые факторы: конструкция литниковой системы, скорость впрыска, температура расплава, температура формы, давление выдержки, время выдержки на охлаждение.

Варианты конструкции литниковой системы для трех уровней плана эксперимента были выбраны таким образом, чтобы можно было оценить отдельно влияние толщины разводящих и впускных литниковых каналов, которые, как известно, оказывают большое влияние на процесс литья поликарбоната. Увеличение толщины впускного литникового канала облегчает переориентацию течения за фронтом расплава в области входа в полость, способствуя снижению риска появления струйного течения и следов течения, а также в некотором диапазоне толщин оказывает положительное влияние на процесс уплотнения расплава за счет увеличения времени до отключения оформляющей полости от материального цилиндра. В то же время, увеличение толщины впускного литникового канала затрудняет отделение литника от изделия и может вызвать такое негативное явление, как обратное течение расплава из оформляющей полости в литниковую систему. Например, когда застывание тонкой части центрального литникового канала происходит раньше, чем впускного литникового канала. Увеличение толщины разводящих литниковых каналов благоприятно влияет на снижение давления при заполнении и на процесс уплотнения. Однако это увеличивает вес литника, что повышает себестоимость процесса литья под давлением.

Для проведения эксперимента по методу Г. Тагути использовался ортогональный трехуровневый план главных эффектов L18 (3⁶), что позволяет сократить число необходимых образцов, которые должны подвергнуться последующей оценке при проведении эксперимента [6]. Каждый параметр определялся на основе полученных данных из САЕ-системы Moldex3D в контрольных точках, расположенных на поверхности и в центре изделия, а также в литниковой системе.

С целью выявления наибольшего влияния факторов на характеристики была произведена оценка значений обобщенных откликов (сигнал/шум) выходных характеристик, получаемых в результате компьютерного моделирования. В качестве исследуемых характеристик были выбраны такие как: объемная усадка, линейная усадка, коробление, показатель преломления, двойное лучепреломление.

По данным, полученным по объемной усадке (Sv), можно объяснить, как протекает процесс уплотнения материала на стадии выдержки под давлением, что напрямую сказывается на оптических характеристиках получаемого изделия. Вследствие большой неоднородной плотности полученных в результате опытного литья отливок, произвести расчет объемной усадки крайне затруднительно. Анализ значений объемной усадки в изделии показал, что она увеличивается по мере удаления от впуска для одинаковой толщины изделия, так как при входе в полость давление выше и материал уплотняется больше. Как показал виртуальный эксперимент по методу Тагути, основными факторами, влияющими на усадку, являются давление выдержки и сечение разводящего и, особенно, впускного литника, что показано на диаграмме откликов значений сигнал/шум, представленной на рис. 3. Комбинация этих двух факторов и определяет картину для объемной усадки при равномерном охлаждении.

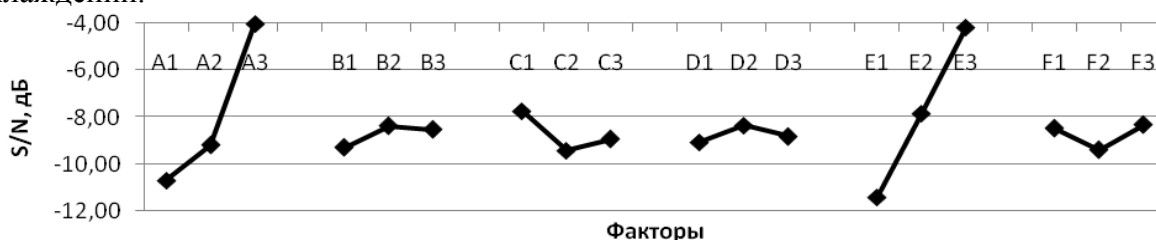


Рис. 3. Отношение сигнал/шум для объемной усадки в центре изделия

Анализ полученных значений откликов сигнал/шум для показателя преломления (n), представленного на рис. 4, показал, что основное влияние на него оказывает сечение впускного и разводящего литниковых каналов, давление выдержки и температура расплава.

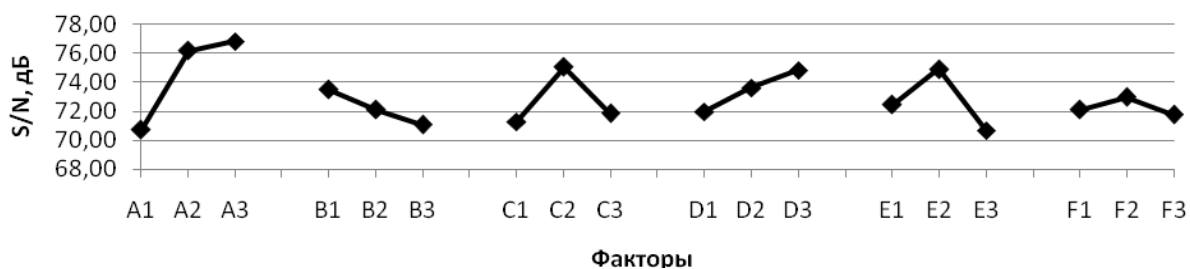


Рис. 4. Отношение сигнал/шум для значений показателя преломления

Было выявлено, что такие факторы как температура литьевой формы и время выдержки на охлаждение оказывают наименьшее влияние на характеристики получаемых оптических изделий, что наглядно демонстрируют данные, представленные в таблице. Для каждой характеристики выявлены факторы, оказывающие максимальное влияние и минимальное, при этом максимальное влияние обозначено числом 1, а минимальное числом 6.

Таблица. Оценка приоритетов конструктивно-технологических факторов при влиянии на характеристики изделия

Характеристики	Факторы					
	Тип литниковой системы	Скорость вырыска	Температура расплава	Температура формы	Давление выдержки	Время выдержки на охлаждение
Объемная усадка (S_v)	2	5	3	6	1	4
Продольная линейная усадка (S_L)	6	1	2–3	2–3	4	5
Поперечная линейная усадка (S_T)	3	1	4	5–6	2	5–6
Коробление (W)	2	5	3	4	1	6
Показатель преломления (n)	1	5	3	4	2	6
Двойное лучепреломление	5	2	1	6	3	4

Конечное качество формируется совокупностью факторов, пренебрежение малозначительными факторами в сумме может привести к тому, что на выходе процесса созданное изделие может не соответствовать заданным характеристикам. Варьирование факторов, оказывающих наибольшее влияние, позволяет снизить либо вовсе устранить дефекты и добиться выпуска оптических изделий требуемого качества.

Заключение

В результате проведения комплексного исследования процесса изготовления полимерной плоско-вогнутой линзы был разработан новый подход к выполнению ТПП. Основа метода заключается в комплексном применении компьютерного моделирования и учете итерационного характера интегрированного процесса проектирования и производства новых изделий. Рассмотрены возможности использования аддитивных технологий на различных этапах ТПП. А установленные зависимости между конструктивно-технологическими факторами, геометрическими и оптическими характеристиками изделий из полимерных оптических материалов позволит уменьшить число итераций при проектировании и ТПП новых изделий.

Литература

1. Освальд Т., Тунг Л.-Ш., Грэмман П.Дж. Литье пластмасс под давлением. – СПб.: Изд-во Профессия, 2006. – 712 с.
2. Schaub M.P. The design of plastic optical systems. – Bellingham: SPIE Press, 2009. – 215 p.
3. Валетов В.А., Помпеев К.П. Технология приборостроения. Учебное пособие. – СПб.: НИУ ИТМО, 2013. – 234 с.
4. Бояринцев А.В., Дувидзон В.Г., Подсобляев Д.С. Быстрое изготовление пилотных серий деталей из термопластичных полимерных материалов // Полимерные материалы. – 2013. – № 6. – С. 4–9.
5. Яблочников Е.И., Восоркин А.С., Цупиков А.В. Интегрированная система для разработки изделий из полимерных композиционных материалов на основе методологии PLM // Программные продукты и системы. – 2014. – № 2. – С. 100–104.
6. Lo W.C., Tsai K.M., Hsieh C.Y. Six Sigma approach to improve surface precision of optical lenses in the injection-molding process // Int J Adv Manuf Technol. – 2009. – V. 41. – P. 885–896.

УСИЛЕНИЕ СТОЙКОСТИ СХЕМЫ АУТЕНТИФИКАЦИИ ИНФОРМАЦИИ ПУТЕМ РЕШЕНИЯ НЕСКОЛЬКИХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНО СЛОЖНЫХ ЗАДАЧ

А.В. Пискова

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.Г. Коробейников

В современных системах аутентификация информации осуществляется при помощи электронной цифровой подписи (ЭЦП), относящейся к механизмам двухключевой криптографии. При этом контролируется целостность сообщения на возможность его подмены или искажения. ЭЦП обеспечивает целостность информации, ее конфиденциальность, достоверность, а также подлинность авторства. В связи с этим постоянная доработка и модернизация существующих алгоритмов и стандартов ЭЦП имеет определяющее значение для государственных и коммерческих организаций в процессе их функционирования.

Ключевые слова: криптография, электронная цифровая подпись, дискретное логарифмирование, эллиптическая кривая.

Базовые положения исследования

Стойкость любого алгоритма ЭЦП основывается на трудности решения некоторой базовой сложной криптографической задачи. Для усиления стойкости алгоритмов и повышения трудоемкости взлома, предлагается использовать алгоритм ЭЦП, основанный одновременно на двух вычислительно сложных задачах, а именно, на задаче факторизации и задаче дискретного логарифмирования на эллиптических кривых (ЭК). Данный вопрос затрагивался в работах [1, 2], в частности, в работе [3] был предложен новый механизм формирования подписи, где общий рандомизирующий элемент k позволяет скомбинировать две вычислительно сложные задачи в одной схеме.

Первая задача основывается на сложности факторизации составного модуля. Уравнение проверки будет задаваться следующим образом: $k = (\beta^{kgH} \bmod n) \bmod \delta$, где β – число, относящееся к показателю γ ; H – текст сообщения; δ – фиксированный сжимающий параметр схемы, $|\delta| \approx |\gamma|$, $\delta \neq \gamma$. Подписью в данной схеме является пара чисел (k, g) [4].

Стойкость второй задачи основывается на сложности дискретного логарифмирования на ЭК и имеет следующее уравнение проверки: $k + g = \Psi(kR + gHG) \bmod \delta$, где $\Psi(Z)$ – функция от Z ($x_R; y_R$), которая возвращает координату x точки Z ; R – открытый ключ; s – закрытый ключ; G – генератор подгруппы точек ЭК. Подписью в данной схеме является пара чисел (k, g) [5]. Элементы подписей в обеих задачах формируются с помощью нового механизма формирования подписи.

Полученная объединенная через общий параметр рандомизации k схема ЭЦП, которую назовем ЭЦП ЗФ-ЗДЛ-ЭК, основанная на задачах факторизации и дискретного логарифмирования на эллиптических кривых, задается следующим уравнением проверки: $k = (\Psi(kR + gHG) + (\beta^{kgHv} \bmod n)) \bmod \delta$ [6]. Во второе слагаемое вводится дополнительный параметр v для компенсации сделанных изменений. Подписью будет уже тройка чисел (k, g, v) . Открытым ключом является пара чисел (n, R) , секретным ключом пара чисел (δ, s) . Системные параметры подписи генерируются так, чтобы:

1. числа p , δ , λ , r , q , n , по модулю которых ведутся вычисления, были простыми числами. Длина параметров λ и δ выбирается равной 160–256 бит;
2. согласно требованиям ГОСТ Р 34.10.2012 выбирается криптографически стойкая ЭК с модулем $p' \in E(GF(p'))$. q' – порядок циклической подгруппы точек $E(GF(p'))$;
3. вычисляется точка-генератор группы $G \in E(GF(p'))$;

4. выбирается случайное число $s < p'$;
5. вычисляется $R = sG$, $R \in E(GF(p'))$.

Процедура генерации подписи к сообщению H представлена на рис. 1.

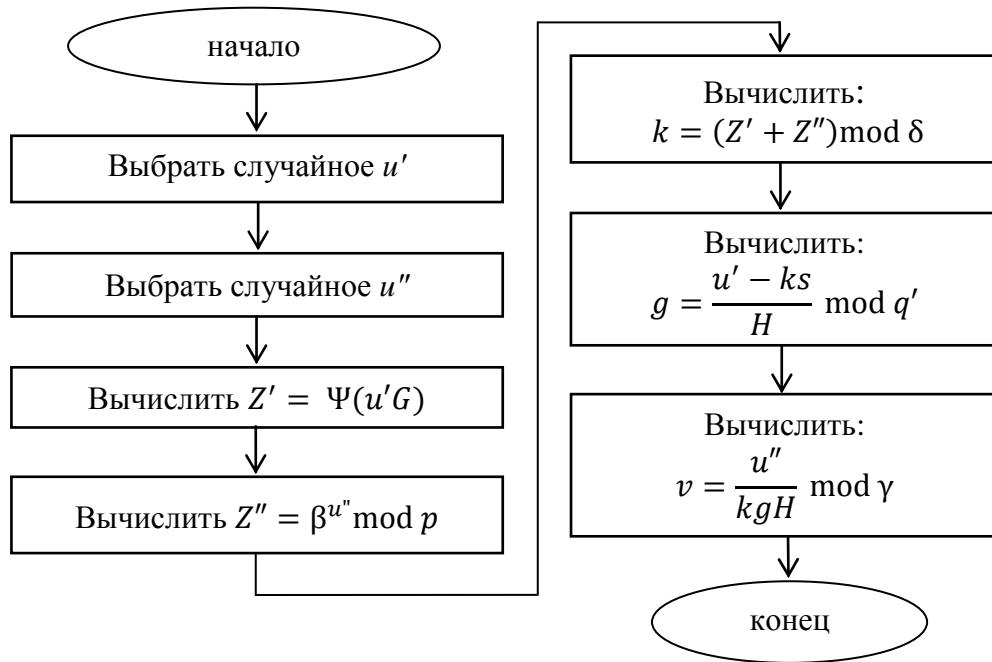


Рис. 1. ЭЦП ЗФ-ЗДЛ-ЭК. Блок-схема алгоритма формирования подписи

Процедура проверки подписи к сообщению H будет осуществляться согласно алгоритму, представленному на рис. 2.

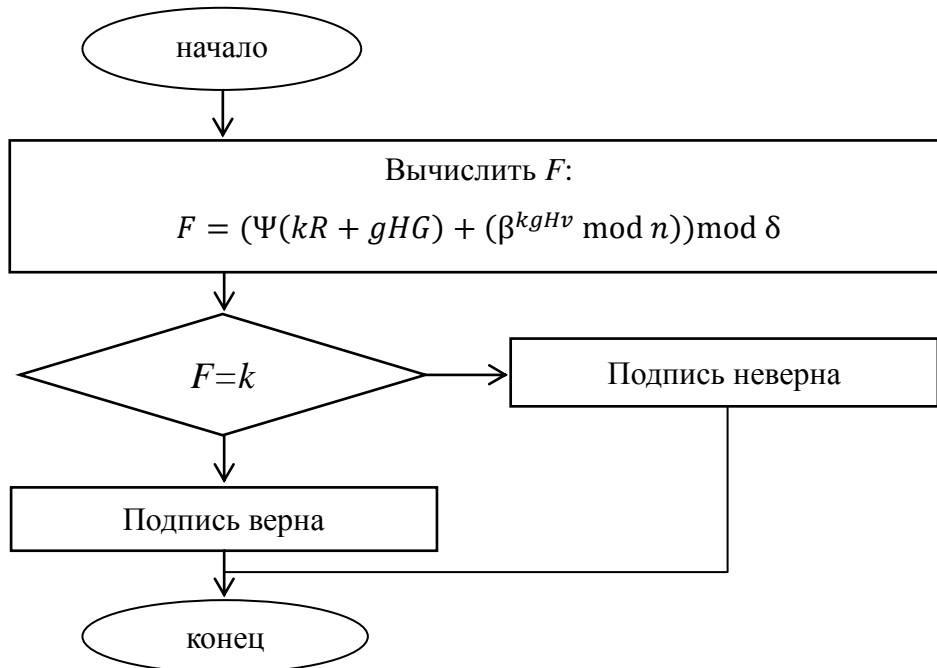


Рис. 2. Схема ЭЦП ЗФ-ЗДЛ-ЭК. Блок-схема алгоритма проверки подписи

Промежуточные результаты

Покажем, что новая схема ЭЦП ЗФ-ЗДЛ-ЭК основывается одновременно на решении нескольких независимых друг от друга трудных задач. Пусть имеются эффективные методы факторизации за полиномиальное время, которые относительно легко позволяют найти разложение большого составного числа, а

для задачи дискретного логарифмирования на ЭК такие методы не найдены. Злоумышленник легко может найти секретный параметр γ по открытому ключу n . Далее из уравнения $v = \frac{u''}{kgH} \bmod \gamma$ он находит значение u'' , и соответственно $Z'' = \beta^{u''} \bmod p$. Из уравнения $k = (Z' + Z'') \bmod \delta$ вычисляется Z' , но для нахождения параметра u' из уравнения $Z' = \Psi(u'G)$ злоумышленник сталкивается с задачей дискретного логарифмирования на ЭК, которая для него является вычислительно сложной. Взлом системы оказался безуспешным. Стоит отметить, что в данной схеме сложность нахождения дискретного логарифма на ЭК не зависит, известно ли разложение n или нет, оно определяется величиной показателя δ , который является известным параметром системы.

Рассуждая аналогичным образом, можно показать, что умение логарифмировать на ЭК не позволит взломать криптосистему. Следует отметить, что в этом случае предполагается, что эффективный метод решения задачи дискретного логарифмирования на ЭК использует специфические свойства эллиптических кривых и, поэтому в общем случае не является оптимальным для факторизации числа. Вычисляется секретный ключ s , затем, зная сообщение H и правильную подпись (k, g, v) к нему, можно определить параметр u' из сравнения $g = \frac{u'-ks}{H} \bmod q$, по которому находится $Z' = \Psi(u'G)$. Зная значения параметров Z' и k , из сравнения $k = (Z' + Z'') \bmod \delta$, злоумышленник вычисляет значение Z'' , после чего он сталкивается с необходимостью решить уравнение $Z'' = \beta^{u''} \bmod p$, которое означает умение решать задачу факторизации. Секретный ключ γ остался неизвестным.

В таблице представлен сравнительный анализ трудоемкости полученной схемы ЭЦП с известными трудными вычислительными задачами, лежащими в ее основе.

Таблица. Сравнительный анализ трудоемкости схемы ЭЦП 3Ф-ЗДЛ-ЭК

Рассматриваемая задача	Задача факторизации	Задача дискретного логарифмирования на ЭК	Схема 3Ф-ЗДЛ-ЭК
Лучший алгоритм для оценки сложности	Обобщенный алгоритм решета числового поля (1)	Алгоритм p-Полларда (2)	(1)+(2)
Формула для оценки	$O\left(\exp\left(\left(\sqrt[3]{\frac{64}{9}} + O(1)\right)(\ln p)^{\frac{1}{3}}(\ln \ln p)^{\frac{2}{3}}\right)\right)$ (3)	$O(\sqrt{p})$ (4)	(3)+(4)
Необходимая длина ключа	1024 бит	256 бит	480–768 бит
Вероятность взлома при длине ключа в 256 бит	10^{-39}	10^{-154}	10^{-193}

Как видно из таблицы, при одной и той же длине ключа, новый алгоритм формирования подписи является более стойким. Поскольку вычисления при формировании подписи ведутся по модулям δ , q' , γ длина которых ≈ 160 –256 бит, то длина выработанной подписи равна 480–768 бит. К недостаткам этой схемы стоит отнести возросший объем вычислений.

Выводы

В результате проведенной работы была получена новая схема ЭЦП ЗФ-ЗДЛ-ЭК. Так как новая схема ЭЦП ЗФ-ЗДЛ-ЭК основывается одновременно на решении нескольких независимых друг от друга трудных задач, то вероятность одновременного взлома этих трудных задач становится равной произведению вероятностей взлома каждой задачи в отдельности. Это означает, что в схемах ЭЦП, основанных на двух трудных задачах, может быть существенно повышен уровень безопасности. В перспективе могут быть рассмотрены схемы, основанные более чем на двух трудных задачах одновременно.

Литература

1. Дернова Е.С., Молдовян Н.А. Синтез алгоритмов цифровой подписи на основе нескольких вычислительно трудных задач // Вопросы защиты информации. – 2008. – № 1. – С. 22–26.
2. Дернова Е.С., Нгуен Ле Минь, Костина А.А., Щербаков В.А. Схемы цифровой подписи, взлом которых требует решения двух трудных задач в одной конечной группе // XI Санкт-Петербургская Международная конф. «Региональная информатика-2008». – 2008. – С. 97–98.
3. Молдовян Д.Н., Молдовян Н.А. Двухключевые криптосистемы с новым механизмом формирования цифровой подписи // Управление защитой информации. – 2006. – Т. 10. – № 3. – С. 307–312.
4. Коробейников А.Г., Воробьев А.О., Сидоркина И.Г., Пылин В.В. Анализ криптографической стойкости алгоритмов асимметричного шифрования информации // Изв. вузов. Приборостроение. – 2007. – Т. 50. – № 8. – С. 28–32.
5. Коробейников А.Г., Чернокижний Г.М. Использование криптосистем на базе эллиптических кривых // Современные информационные технологии обработки и защиты информации: сб. науч. тр. – 2005. – С. 119–122.
6. Пискова А.В., Коробейников А.Г. Разработка алгоритма электронной цифровой подписи, основанного на задачах факторизации и дискретного логарифмирования на эллиптических кривых // Сб. трудов IV Всероссийского конгресса молодых ученых. – 2015. – С. 322–326.

УДК 53.082.54

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАЗИТНОЙ АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИИ ФАЗОВОГО МОДУЛЯТОРА НА СИГНАЛ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА

Д.А. Погорелая

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент В.Е. Стригалева

В ходе работы предложен способ повышения точности волоконно-оптического гироскопа. Разработаны методы алгоритмической компенсации влияния паразитной амплитудной модуляции фазового модулятора на выходной сигнал гироскопа. Предложенные методы компенсации позволяют уменьшить среднеквадратичное отклонение и дрейф выходного сигнала волоконно-оптического гироскопа на несколько порядков. Работоспособность методов подтверждена моделированием в MATLAB, при создании модели учитывались зависимости паразитной амплитудной модуляции от модулирующего напряжения, измеренные в реальном приборе.

Ключевые слова: волоконно-оптический гироскоп, паразитная амплитудная модуляция, фазовый модулятор.

Введение

Одним из наиболее перспективных и давно исследуемых волоконно-оптических интерферометрических датчиков является волоконно-оптический гироскоп (ВОГ). Принцип его действия основан на эффекте Саньяка – появление фазового сдвига встречных световых волн во вращающемся кольцевом интерферометре. Исследования методов создания высокоточных ВОГ являются актуальными на сегодняшний день вследствие ряда их преимуществ над механическими и лазерными гироскопами.

ВОГ является интерферометрическим датчиком. Чувствительность интерференционного измерения во многом зависит от положения рабочей точки интерферометра. Одним из самых распространенных методов поддержания рабочей точки интерферометра является применение электрооптического фазового модулятора. В свою очередь, самые распространенные электрооптические фазовые модуляторы создаются на основе кристалла ниобата лития ввиду высокой линейности электрооптического эффекта и высокого быстродействия. Однако фазовые модуляторы на основе ниобата лития имеют и свои недостатки, один из наиболее существенных недостатков выражается в паразитной амплитудной модуляции (ПАМ) светового луча, проходящего по волноводам кристалла. В результате световой луч получает не только обусловленный модуляцией фазовый сдвиг, но и изменение по интенсивности [1]. Чем больше амплитуда ПАМ, тем сложнее определить фазовый сдвиг светового луча [2]. Следствием ПАМ является снижение точностных характеристик волоконно-оптических интерферометрических датчиков. Следовательно, для повышения точности измерений ВОГ необходимо бороться с ПАМ электрооптического фазового модулятора.

Целью данной работы являлось исследование ПАМ фазового модулятора и ее влияния на сигнал ВОГ, а также разработка методов компенсации ПАМ в алгоритме модуляции/демодуляции сигнала ВОГ.

Методы исследования

В основе оптической схемы ВОГ лежит интерферометр Саньяка. Интенсивность выходного сигнала интерферометра изменяется по косинусу в зависимости от вызванной вращением разности фаз $\Delta\varphi_r$ [3] и разности фаз, вносимой модуляцией $\Delta\varphi_m$:

$$I(\Delta\varphi_r) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\Delta\varphi_m + \Delta\varphi_r), \quad (1)$$

где I_1 и I_2 – интенсивности интерферирующих волн [4].

Величина ПАМ оценивается коэффициентом, который рассчитывается по формуле:

$$k_{\text{ПАМ}} = \Delta I / I_{\text{ср}},$$

где ΔI – размах колебаний интерференционного сигнала, вызванный ПАМ; $I_{\text{ср}}$ – среднее значение интенсивности сигнала без модуляции.

Для измерения ПАМ фазового модулятора к его электродам прикладывалось постепенно нарастающее напряжение, и снимался выходной сигнал каждого из двух плеч модулятора. По результатам измерений получились зависимости коэффициента ПАМ от напряжения для верхнего плеча модулятора $k_{\text{ПАМ}}^{\text{В}}(U)$ и нижнего $k_{\text{ПАМ}}^{\text{Н}}(U)$, представленные на рис. 1.

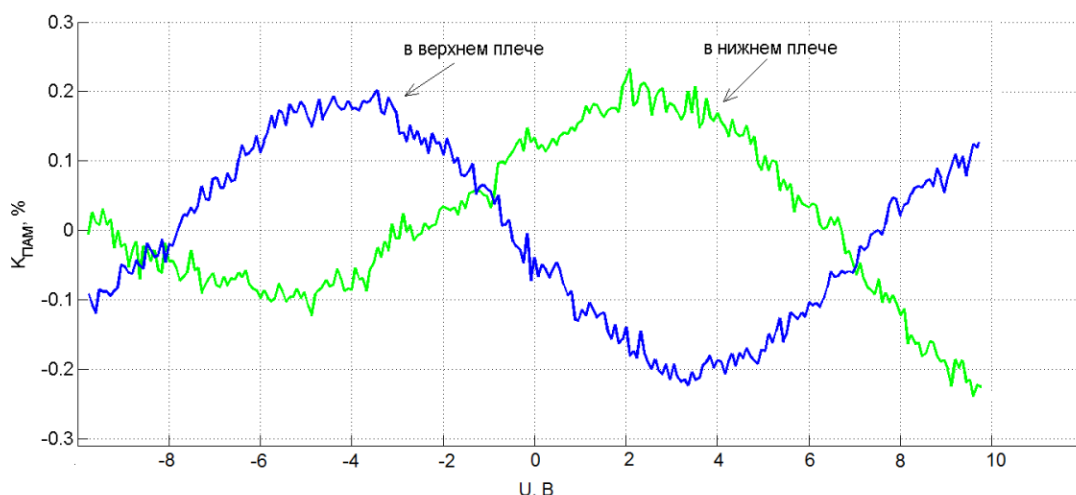


Рис. 1. Зависимости коэффициентов ПАМ, измеренных в верхнем и нижнем плечах модулятора, от модулирующего напряжения

Измеренные зависимости были внесены в программную модель обработки сигнала ВОГ, созданную в MATLAB/Simulink. Результаты моделирования приведены на рис. 2.

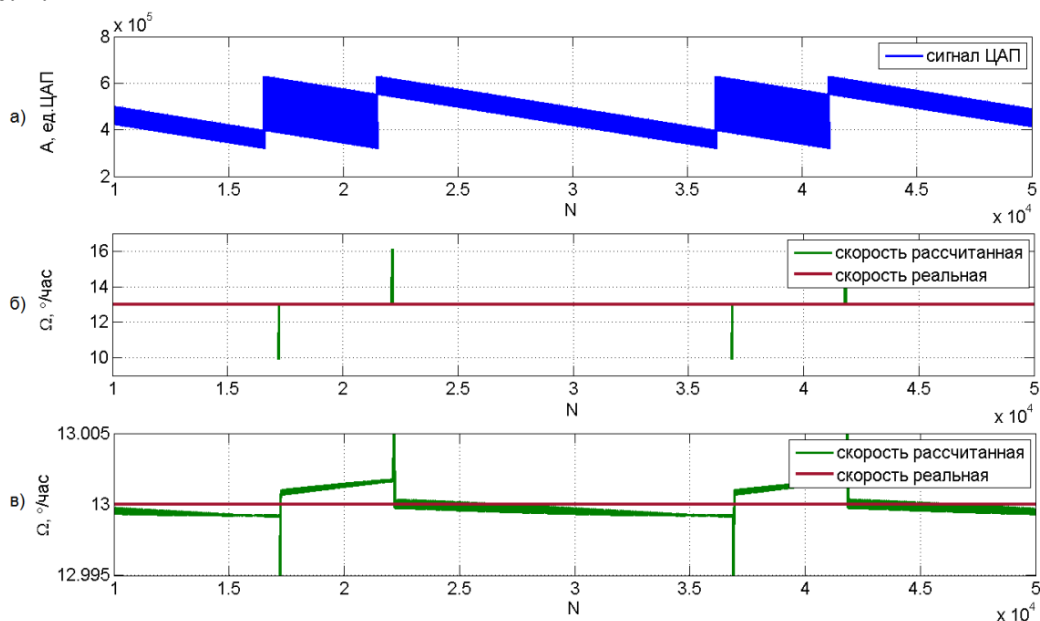


Рис. 2. Влияние ПАМ на выходной сигнал ВОГ: сигнал модуляции на выходе цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) (а); выходной сигнал скорости вращения ВОГ (б); выходной сигнал скорости вращения в крупном масштабе (в)

Из графика на рис. 2 видно, что в моменты перехода с «узкой» пилы на «широкую», и, наоборот, в выходном сигнале скорости вращения наблюдаются выбросы, обусловленные большой разницей амплитудных коэффициентов в моменты сбросов. Более того, моменты сбросов используются второй обратной связью для подстройки масштабного коэффициента модулятора. Ошибка подстройки масштабного коэффициента также влечет за собой ошибку в выходном сигнале ВОГ. По результатам моделирования было получено, что величина ошибки сигнала гироскопа зависит от угла наклона зависимостей $k_{\text{ПAM}}^{\text{B}}(U)$ и $k_{\text{ПAM}}^{\text{H}}(U)$. Для простоты дальнейшего изложения введем понятие амплитудных коэффициентов $k_{\text{B}}(U)$ и $k_{\text{H}}(U)$:

$$k_{\text{B}}(U) = 1 + k_{\text{ПAM}}^{\text{B}}(U),$$

$$k_{\text{H}}(U) = 1 + k_{\text{ПAM}}^{\text{H}}(U).$$

Рассмотрим алгоритмический способ компенсации влияния ПАМ на сигнал ВОГ. Предлагается корректировать сигнал фотоприемника, умножая на некоторый поправочный коэффициент. Чтобы определить данный поправочный коэффициент, рассмотрим сигнал на выходе фотоприемника в случае, когда обратная связь полностью компенсирует скорость вращения, и результирующий фазовый сдвиг $\Delta\varphi_m + \Delta\varphi_r$ равен $\pi/2$, а $\cos(\pi/2)=0$. Тогда выражение (1) приобретает вид:

$$I = I_1 + I_2 = \frac{I_0}{2} [k_B(U_1)k_H(U_2) + k_H(U_1)k_B(U_2)], \quad (2)$$

где I_0 – интенсивность оптического излучения интерферирующих волн.

Согласно выражению (2) скорректированный сигнал фотоприемника I' предлагается считать по формуле:

$$I' = I2[k_B(U_1)k_H(U_2) + k_H(U_1)k_B(U_2)]^{-1}.$$

В программную модель обработки сигнала ВОГ был внесен описанный алгоритм компенсации ПАМ. Сравнение алгоритмов без компенсации ПАМ и с компенсацией показало, что предложенный алгоритм компенсации ПАМ уменьшает среднеквадратичное отклонение (СКО) выходного сигнала угловой скорости ВОГ, а также снижает дрейф сигнала ВОГ.

Приведенный выше способ алгоритмической компенсации ПАМ снижает погрешность определения скорости вращения ВОГ. Однако для применения описанного алгоритма компенсации необходимо знать зависимость коэффициента ПАМ от модулирующего напряжения отдельно в каждом плече модулятора. Для этого необходимо измерять $k_{ПАМ}^B(U)$ и $k_{ПАМ}^H(U)$ заранее до сборки оптической схемы ВОГ. Удобнее измерять суммарную зависимость $k_{ПАМ}(U)$ в собранном гироскопе и компенсировать влияние ПАМ по этой суммарной зависимости. Далее будет рассмотрено, как можно компенсировать влияние ПАМ по суммарной зависимости $k_{ПАМ}(U)$ и целесообразно ли это.

Компенсация ПАМ по суммарной зависимости будет производиться исходя из предположения, что $k_B(U_1)k_H(U_2) = k_H(U_1)k_B(U_2)$. Тогда интенсивности первого и второго интерферирующих лучей:

$$I_1 = I_2 = \frac{I_0}{2} \sqrt{k(U_1)} \sqrt{k(U_2)}.$$

Аналогично выражению (2) сигнал на выходе фотоприемника при условии, что обратная связь полностью компенсирует угловую скорость:

$$I = I_1 + I_2 = \frac{I_0}{2} [\sqrt{k(U_1)} \sqrt{k(U_2)} + \sqrt{k(U_1)} \sqrt{k(U_2)}] = I_0 \sqrt{k(U_1)} \sqrt{k(U_2)}. \quad (3)$$

Согласно выражению (3) скорректированный сигнал фотоприемника I' предлагается считать по формуле:

$$I' = I[\sqrt{k(U_1)k(U_2)}]^{-1}.$$

По результатам моделирования можно сделать следующие выводы. Предложенный алгоритм компенсации ПАМ по суммарной зависимости:

- обеспечивает уменьшение выбросов в выходном сигнале угловой скорости в момент сброса пилы сигнала модуляции;
- снижает СКО выходного сигнала;
- снижает дрейф выходного сигнала в условиях усреднения, особенно в условиях больших угловых скоростей.

Достигнутые результаты

Результаты исследований сведены в таблицу, где приведены значения дрейфа сигнала угловой скорости при усреднении по 10 с для разных алгоритмов компенсации ПАМ, для алгоритма без компенсации, для случая с работающей второй обратной связью ($k_{2oc}=0,01$) и для случая с нулевым коэффициентом второй обратной связи ($k_{2oc}=0$). Результаты в таблице приведены с точностью до 10^{-9} , обусловленной расчетной ошибкой MATLAB.

Таблица. Дрейф сигнала угловой скорости δ , °/час при усреднении по 10 с

Угловая скорость, °/час	Дрейф сигнала угловой скорости δ , °/час			
	$k_{2oc}=0$	$k_{2oc}=0,01$		
	Без компенсации	Без компенсации	С компенсацией	С компенсацией по сумме
1	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$3,3 \cdot 10^{-5}$	0	$-6,0 \cdot 10^{-7}$
13	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	0	$-2,8 \cdot 10^{-6}$
130	$7,3 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$	0	$-2,2 \cdot 10^{-5}$
2000	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{-2}$	0	$-3,0 \cdot 10^{-3}$
18000	$9,5 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-1}$	0	$2,2 \cdot 10^{-3}$

Согласно приведенной таблице ПАМ вносит основной вклад в дрейф сигнала угловой скорости при работающей второй обратной связи, которая ошибочно подстраивает масштабный коэффициент модулятора, тем самым увеличивая погрешность вычислений. Однако подстройка масштабного коэффициента в ВОГ необходима, поэтому дальнейшие исследования проводились при работающей второй обратной связи с довольно малым коэффициентом $k_{2oc}=0,01$. Таблица показывает, что дрейф сигнала при $k_{2oc}=0,01$ особенно существенен при больших скоростях: дрейф сигнала увеличивается на два порядка по сравнению со случаем, когда $k_{2oc}=0$.

В условиях моделирования без квантования по уровню, алгоритм компенсации по зависимостям $k_{ПАМ}^B(U)$ и $k_{ПАМ}^H(U)$, измеренным отдельно соответственно в верхнем и нижнем плечах модулятора, позволяет скомпенсировать ошибку, обусловленную ПАМ, полностью с точностью до расчетной ошибки MATLAB (10^{-9}). Алгоритм компенсации ПАМ по сумме не компенсирует ошибку, обусловленную ПАМ, полностью, но способствует снижению дрейфа сигнала на несколько порядков.

Измерение суммарной зависимости $k_{ПАМ}(U)$ в собранном приборе представляется более простой задачей, чем измерение $k_{ПАМ}(U)$ отдельно в разных плечах заранее перед сборкой оптической схемы ВОГ. Соответственно, в целях компенсации ПАМ предлагается использовать алгоритм компенсации по суммарной зависимости $k_{ПАМ}(U)$.

Заключение

Предложенные в работе методы компенсации влияния паразитной амплитудной модуляции на сигнал волоконно-оптического гироскопа позволяют уменьшить среднеквадратичное отклонение и дрейф выходного сигнала ВОГ. Работоспособность методов подтверждена моделированием в MATLAB, причем при создании модели учитывались зависимости ПАМ от модулирующего напряжения, измеренные в реальном приборе.

Литература

1. Ishibashi C., Ye J. and Hall J.L. Analysis/reduction of residual amplitude modulation in phase/frequency modulation by an EOM // Quantum Electronics and Laser science Conference, Conference. – 2002. – P. 91–92.
2. Sathian J., Jaatinen E. Reducing residual amplitude modulation in electro-optic phase modulators by erasing photorefractive scatter // Optics express. – 2013. – № 21. – P. 12309–17.
3. Lefevre H.C. Fiber Optic Gyroscope. – London: Artech House, 1992. – 314 p.
4. Алейник А.С. Исследование и повышение точностных параметров волоконно-оптических гироскопов. – Дис. канд. техн. наук. – СПб.: НИУ ИТМО. – 2012. – 131 с.

УДК 547.97: 535.8; 541.147

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВВЕДЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ ZnO НА ПРОЦЕСС ТЕРМОДЕСТРУКЦИИ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ

С.А. Позднякова

Для голографических нанокомпозиционных материалов исследовано влияние введенных наночастиц ZnO на процессы термодеструкции. Обнаружено повышение термостойкости материала при введении наночастиц, которые увеличивают температуру деполимеризации. Предложен эффективный метод улучшения термомеханических свойств голографических полимеров – введение наночастиц ZnO в качестве структурирующего наполнителя.

Ключевые слова: наночастицы, термодеструкция, УФ отверждаемые нанокомпозиционные материалы, наполненные полимеры, голографический нанокомпозит.

Введение

Ранее на кафедре ИФ Университета ИТМО были проведены исследования голографических нанокомпозиционных материалов, основанных на фотоиндуцированном перемещении наночастиц в полимерной матрице, которое приводит к получению фотоиндуцированной модуляции показателя преломления [1].

Одним из возможных применений используемого голографического нанокомпозиционного материала является изготовление защитных голограмм для персонификации данных. Готовые голограммы ламинируются, и данное обстоятельство выдвигает требование высокой термостойкости материала, в противном случае под влиянием температур свыше 100°C происходит разрушение. По этой причине значительными преимуществами нанокомпозиционного голографического материала являются высокая термостойкость и влагостойкость [2]. Систематические исследования термомеханических свойств нового оптического нанокомпозиционного материала, предназначенного для голографической записи, важны для его применения в документах, банкнотах и других подобных изделиях, эксплуатирующихся в атмосферных условиях. Отличием нанокомпозиционного материала от широко применяемых ультрафиолетовых (УФ) отверждаемых полимеров является модификация введенными в него наночастицами. В связи с этим основные закономерности в нанокомпозиционном материале подобны таковым в наполненных полимерах.

Наполненные полимеры – это полимерная матрица, наполненная твердыми дисперсными или волокнистыми наполнителями, которые относят к классу полимерных композиционных материалов (ПКМ) [3]. Наполнитель, как правило, замедляет термодеструкцию полимера, но микронные размеры наполнителя ограничивают применимость таких материалов только как конструкционных, вследствие – недопустимо высокие потери света, обусловленные рассеянием на частицах наполнителя.

Наполнение полимеров – один из основных способов создания пластмасс, резин, лакокрасочных материалов, синтетических клеев и других полимерных материалов с заданными технологическими и эксплуатационными свойствами. Все эти материалы, которые могут быть отнесены к ПКМ, характеризуются одним общим физико-химическим признаком. Это гетерофазные компонентные полимерные системы, составляющие фазы которых взаимодействуют друг с другом, а создание новых свойств обусловлено межфазными слоями и явлениями [4]. Основные наполненные полимеры содержат дисперсные минеральные или органические наполнители (например, технический углерод, диоксид кремния, дисперсные металлы, стеклянные сферы, синтетические волокна, диспергированные до малого размера твердые частицы других полимеров и т.п.).

Выбор дисперсных наполнителей в первую очередь определяется размерами частиц и распределением их по размерам. Очень важным параметром дисперсных наполнителей является удельная площадь поверхности. Эффективность действия таких наполнителей во многих случаях зависит от удельной площади поверхности, особенно тогда, когда на поверхности наполнителя адсорбируются или взаимодействуют в ней поверхностно-активные вещества, диспергирующие агенты, модификаторы поверхности и др.

Существенное значение, особенно для получения высоконаполненных композиций, имеет характер упаковки частиц наполнителя. С позиции химии поверхности частиц наполнителей, основное значение имеет их свободная поверхностная энергия (поверхностное натяжение), определяющая адгезионные характеристики поверхности и ее смачиваемость. Большое значение имеет также наличие на поверхности тех или иных функциональных групп и их реакционная способность, т.е. возможность вступать в химическое взаимодействие с компонентами связующего или модификаторами поверхности. Важную роль также играют химическая стойкость наполнителей, теплоемкость, диэлектрическая проницаемость, электрические и оптические свойства и пр. [5]. Таким образом, уменьшение размеров частиц наполнителя до нанометрового уровня должно приводить к усилению специфических эффектов, характерных для наполненных полимеров, что и подтверждается исследованиями последних лет. Например, в работе [6] рассмотрены нанокompозиты на основе акрилатов и уретанов и приведены результаты термогравиметрических (ТГ) измерений. Показано, что разложение полимера происходит при температуре 250°C, введение наночастиц повышает эту температуру до 400°C.

Повышение термостойкости может быть объяснено повышением степени взаимодействия полимера с поверхностью наночастиц и диссипацией тепловых колебаний на наночастицах без разрушения химических связей.

С другой стороны, нанометровый размер наполнителя позволяет использовать такие нанонаполненные полимеры в новых областях применения, например, в качестве оптических материалов для рефракционной оптики или голографического материала для защитной маркировки продукции, как материал, исследованный в настоящей работе.

Условия эксперимента

Материалы: акрилатные фотоотверждаемые мономеры: 2-карбоксиэтилакрилат (2Carb, США, Aldrich № 552348), бисфенол А глицеролат (BisA, США, Aldrich № 41, 116-7); наночастицы ZnO (Россия); инициатор полимеризации, чувствительный в УФ – 2,2-диметокси-2-фенилацетофенон (In II, США, Aldrich № 19, 611-8).

Подготовка пленочных образцов: предварительно приготовленный состав наносился между двух полиэстеровых пленок с целью исключения ингибирующего воздействия кислорода воздуха, при помощи спайсеров задавалась необходимая толщина (100 мкм). Далее производилась равномерная засветка образца УФ излучением с помощью ртутной лампы низкого давления ДРШ 250-3 (ОАО «ЛОМО»), время экспонирования 2 мин. Под действием излучения происходит полимеризация. Далее пленочные образцы для термогравиметрического анализа измельчались и помещались в металлические ампулы. Масса навески составляла 0,26 г.

Термогравиметрический анализ осуществлялся на приборе «Термоскан-2» (ООО «Аналитприбор»). Был выбран следующий режим измерений: максимальная температура нагрева $t=500^{\circ}\text{C}$, скорость нагрева $v = 2,5^{\circ}\text{C}/\text{мин}$.

Эксперимент и обсуждение результатов

В работе исследовалась термодеструкция наноконпозиционного материала в зависимости от концентрации вводимых наночастиц ZnO. На рис. 1 представлены термогравиметрические кривые для бинарной полимерной матрицы BisA/2Carb (30/70) с различными концентрациями наночастиц ZnO от 0 до 14 вес.%. На графике (рис. 1) показано изменение температуры образца (T_{sample}) относительно эталона ($T_{standart}$) при постоянной скорости нагрева. Повышение температуры показывает выделение тепла, например, сгорание. Понижение температуры – его поглощение, например, процессы испарения или плавления. На рис. 2 отмечена потеря массы (Δm) при нагревании.

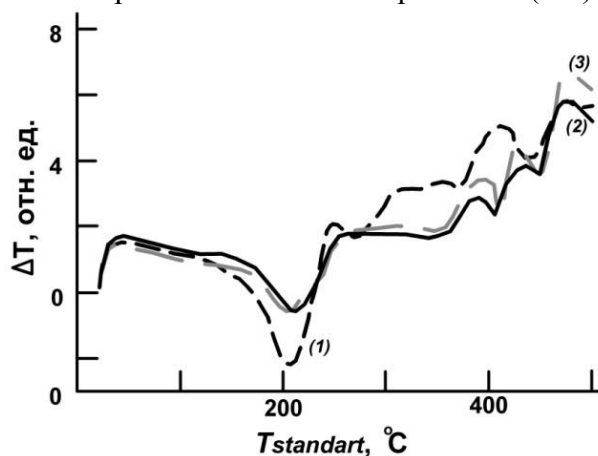


Рис. 1. Зависимость разницы температур образца (T_{sample}) и эталона ($T_{standart}$). Термогравиметрические кривые композиций BisA/2Carb (30/70) при введении различных концентраций ZnO наночастиц. Кривая 1 – 0 мас.% (чистая полимерная матрица); кривая 2 – 10 мас.% ZnO; кривая (3) – 14 мас.% ZnO

На графиках можно выделить две точки изменения скорости потери массы – 150°C и 350°C . При введении наночастиц потеря массы уменьшается, начало деструкции смещается в область более высоких температур.

График изменения температуры образца (рис. 1) имеет минимум в области $150\text{--}200^{\circ}\text{C}$, где происходит деструкция концевых групп полимера. Амплитуда данного минимума снижается при введении наночастиц, также наблюдается его уширение. Второй минимум, обусловленный разрушением фенильных колец полимера, наблюдается при 400°C и при введении наночастиц смещается в область 450°C . Такие минимумы характерны для эндотермической реакции, вероятно, происходит испарение остаточного мономера при 200°C и деполимеризация при 350°C .

Интерпретация данных достаточно сложна, но можно выдвинуть следующую гипотезу. Вначале происходит испарение остаточного мономера и начинается

деполимеризация концевых групп с выделением продуктов разложения, которые также испаряются. Оба процесса происходят в диапазоне 160–250°C и сопровождаются поглощением тепла (рис. 1, минимум на кривой 1) и потерей массы (рис. 2, кривая 1).

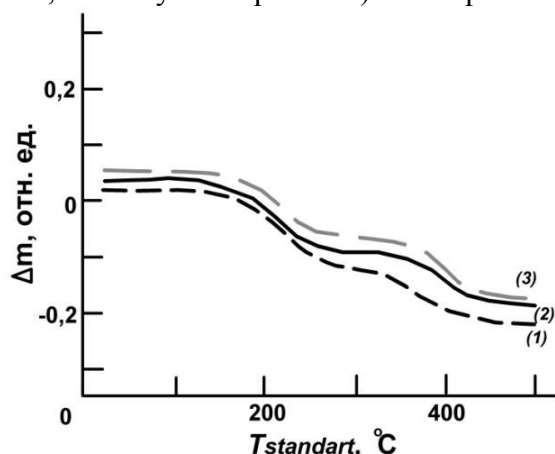


Рис. 2. Потеря веса при изменении температуры. Кривая 1 – 0 мас.% (чистая полимерная матрица); кривая 2 – 10 мас.% ZnO наночастиц; кривая 3 – 14 мас.% ZnO

Далее разрываются все связи, включая сопряженные, и происходит испарение остатков полимера (350–400°C).

Введение наночастиц (рис. 1, кривые 2, 3) существенно изменяет оба вышеописанных процесса. Так, первый, проходящий при 160–200°C, размывается, а минимум температуры (поглощение тепла) уменьшается, что можно объяснить уменьшением свободного объема, уплотнением полимера при введении наночастиц. Следовательно, мономера накапливается меньше, его испарение происходит медленнее и ограничивается десорбцией с наночастиц.

Температурный диапазон 350–400°C, отнесенный нами к процессу разложения мономера, при введении наночастиц сдвигается в более высокотемпературную область с 350°C на 420°C, что может объясняться адсорбцией полимера на наночастице и необходимостью дополнительной энергии для отрыва молекул.

Исследования влагопоглощения на аналогичных нанокompозитах, выполненные ранее, показывают, что при повышении концентрации наночастиц до 10 мас.% наблюдается значительное уменьшение влагопоглощения в 5 раз. Соответственно, наночастицы занимают свободный объем полимера [7].

Вероятно, в свободном объеме содержится остаточный мономер, который и испаряется при нагреве (минимум при 200°C (рис. 1, кривые 2, 3)).

Заключение

Выполненное исследование показывает структурирующую роль наночастиц, введение которых в полимерную матрицу однозначно изменяет температуру деполимеризации, в общем случае смещая разложение мономерных компонент в область более высоких температур. Также введение наночастиц повышает плотность упаковки полимера и уменьшает свободный объем.

Данные процессы начинаются уже при содержании наночастиц от 10 мас.% и усиливаются практически монотонно до содержания 14 мас.%.

Как показали наши исследования, введение наночастиц как наполнителя – эффективный метод улучшения термомеханических и барьерных свойств полимеров. В отличие от микронаполненных полимеров, наноуполненные демонстрируют изменение свойств, начиная с 10 мас.% наполнителя. Малые размеры наполнителя не ухудшают оптические свойства и позволяют использовать наноуполненные полимеры в качестве оптических сред.

Литература

1. Denisyuk I.Yu., Burunkova J.A., Kokenyesi S., Bulgakova V.G., Fokina M.Iv. Optical nanocomposites based on high nanoparticles concentration and its holographic application book: Nanocrystals. – Croatia: InTech Europe, 2012. – 250 p.
2. Burunkova J.A., Denisyuk I.Y., Semina S.A. Self-organization of ZnO nanoparticles on UV-curable acrylate nanocomposites // Journal of Nanotechnology. – 2011. – P. 1–6.
3. Кербер М.Л., Виноградов В.М., Головкин Г.С. и др. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: уч. пособие / Под ред. А.А. Берлина. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с.
4. Липатов Ю.С. Физико-химические основы наполнения полимеров. – М.: Химия, 1991. – 260 с.
5. Цвайфель Х., Маер Р.Д., Шиллер М. Добавки к полимерам. Справочник – СПб.: ЦОП «Профессия», 2010. – 1144 с.
6. Athawale V.D., Kulkarni M.A. Preparation and properties of urethane/acrylate composite by emulsion polymerization technique // Progress in Organic Coatings. – 2009. – V. 65. – № 3. – P. 392–400.
7. Burunkova J.A., Denisyuk I.Y., Arefeva N.N., Semina S.A. Influence of nanoaddition SiO₂ on self-organization in via UV-polymerization acrylate nanocomposites / S.A. Semina (Pozdnyakova) // Molecular Crystals and Liquid Crystals. – 2011. – V. 536. – P. 10–16.

PACS: 72.80.Le; 03.65 Nk

УДК 517.958

ЗОННАЯ СТРУКТУРА СПЕКТРА ЭЛЕКТРОНА В СИСТЕМЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ЦЕПОЧЕК ПОТЕНЦИАЛОВ НУЛЕВОГО РАДИУСА

А.И. Попов

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор В.М. Уздин

Работа посвящена описанию спектра электрона для цепочки из макромолекул (линейных полимеров), расположенных параллельно. Показано существование волноводов – зон, обеспечивающих проводимость. Построения ведутся для модели потенциалов нулевого радиуса, основанной на теории самосопряженных расширенных симметрических операторов.

Ключевые слова: спектр, линейный полимер, потенциал нулевого радиуса.

Введение

В работе исследована возможность оптического контроля магнетосопротивления в наносистемах. Впервые такой тип контроля был предложен в работе [1]. Автор предлагает использовать для этой цели слоистые структуры: первый слой – магнитный, второй – разделительный, состоящий из проводящего полимера (линейные молекулы) с вкраплениями светочувствительных молекул бананообразной формы. Слои чередуются. Линейные молекулы полимеров обеспечат электронную проводимость между магнитными слоями. В настоящей работе исследовалась зонная структура спектра электрона для системы линейных молекул.

Рассмотрим бесконечную периодическую цепочку атомов, вытянутую вдоль некоторой линии (например, вдоль оси Ox) и зажатую между двумя магнитными нанослоями. Мы работаем в приближении эффективной массы, т.е. влияние нанослоев учитывается с помощью изменения эффективной массы электрона [2]. В

выбранной системе координат положение n -го атома цепочки ($n=0, \pm 1, \pm 2, \dots$) дается вектором $na = (na, 0, 0)$, где a – период цепочки. Часто для таких систем используют простую, но грубую модель квантового графа [3, 4]. Мы же для подсчета энергии спектра цепочки используем модель потенциалов нулевого радиуса. Заметим, что спектр для структур типа цепочки в \mathbb{R}^3 может быть довольно необычным [5], но в нашем случае имеет зонную структуру. Основа модели потенциалов нулевого радиуса лежит в теории самосопряженных расширений симметрических операторов [6, 7]. Начнем с самосопряженного оператора – Лапласиана в $L_2(\mathbb{R}^3)$, определенного на $W_2^2(\mathbb{R}^3)$. Здесь W_2^2 – пространство Соболева. Ограничим наш оператор на множестве гладких функций, обращающихся в ноль в точках $p_n = |r - na|$; $n=0, \pm 1, \dots$. Замыкание нашего ограниченного оператора – это симметрический оператор с бесконечными индексами дефекта. Для построения самосопряженного расширения удобнее иметь дело с соответствующим ограничением сопряженного оператора. Существует несколько методов построения расширений, например, метод граничных троек [8, 9], формулы фон Неймана [10], резольвента Крейна [11, 12]. Здесь используется второй подход, который позволяет в случае полуограниченности гамильтониана представить элемент из области сопряженного оператора в следующем виде:

$$\psi(r) = \psi_0(x) + \sum_{m=-\infty}^{\infty} C_m \frac{\exp(-ik_0|r - ma|)}{4\pi|r - ma|}, \quad (1)$$

где ψ_0 относится к области расширения по Фридрихсу изначального симметрического оператора; C_m – некоторая константа; $k_0 = \sqrt{\lambda_0}$, λ_0 – значение спектрального параметра (в частности, можно выбрать отрицательное значение для λ_0 , $\Im k_0 > 0$). Для того чтобы объяснить выбор расширения, рассмотрим простейший случай точечного потенциала (при $r=0$). Тогда индексы дефекта для симметрического оператора будут равны (1,1). Область определения сопряженного оператора (A^*) состоит из следующих элементов (сравним с (1)):

$$\psi(r) = \psi_0(x) + C_0 \frac{\exp(-ik_0|r|)}{4\pi|r|}.$$

Для того чтобы построить самосопряженное расширение, необходимо обнулить граничную форму для ψ, ϕ из области определения сопряженного оператора:

$$(A^*\psi, \phi) - (\psi, A^*\phi) = \psi_0(0)\overline{C_0^\phi} - \overline{\phi_0(0)}C_0^\psi.$$

Самосопряженное расширение мы получим, если $\psi_0(0)$ и C_0^ϕ связаны следующим образом:

$$\psi_0(0) = b \quad C_0^\psi, \Im b = 0. \quad (2)$$

Формально, условие (2) приобретает вид «граничного условия» в точке:

$$\lim_{|r| \rightarrow 0} \left[\frac{\partial}{\partial |r|} - b \right] |r| \Psi = 0. \quad (3)$$

Выражение (3) можно переписать как условие для логарифмической производной:

$$\lim_{|r| \rightarrow 0} \frac{1}{|r| \Psi} \frac{\partial}{\partial |r|} (|r| \Psi) = b. \quad (4)$$

Для случая периодической цепочки получаем:

$$\lim_{p_n \rightarrow 0} \left[\frac{\partial}{\partial p_n} - b \right] p_n \Psi = 0, \quad (5)$$

$$p_n = |r - na|; \quad n = 0, \pm 1, \dots$$

Данным условием мы будем пользоваться в дальнейшем.

Две цепочки

Рассмотрим спектральную задачу для двух параллельных цепочек потенциалов нулевого радиуса в \mathbb{R}^3 . Пусть центры цепочек сдвинуты друг относительно друга на вектор $g = (g_1, g_2, 0)$. Центры первой цепочки находятся в точках $na = nae_1$, второй цепочки – в точках $na + g = (na + g_1)e_1 + g_2e_2$; $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$; e_1, e_2 – орты осей X и Y соответственно. Тогда функция Грина для оператора точечными потенциалами имеет вид:

$$G(r, r', E) = \frac{1}{4\pi} \frac{\exp[is|r-r'|]}{|r-r'|} + \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \left\{ C_n^{(1)} \frac{\exp[is|r-na|]}{|r-na|} + C_n^{(2)} \frac{\exp[is|r-na-g|]}{|r-na-g|} \right\}.$$

Коэффициенты $C_n^{(1)}$, $C_n^{(2)}$ находятся из системы (5). После преобразования Фурье она приобретает следующий вид:

$$D(k, s) \xi_k^{(1)} + Q(k, s) \xi_k^{(2)} = \Phi_k(r')$$

$$\overline{Q(k, s)} \xi_k^{(1)} + D(k, s) \xi_k^{(2)} = \Phi_k(r')$$

где

$$\xi_k^{(j)} = \sum_n C_n^{(j)} e^{ikna}; \quad j = 1, 2,$$

$$\Phi_k(r) = -\frac{1}{4\pi} \sum_n \frac{\exp[is|r-na| + ikna]}{|r-na|}$$

$$D(k, s) = \sum_{n \neq 0} \frac{\exp[is|n|a + ikna]}{|n|a} + is - b$$

$$Q(k, s) = \sum_n \frac{\exp[is|n\vec{a} - g| + ikna]}{|na - g|}.$$

Следовательно,

$$\xi_k^{(1)} = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\Phi_k(r') + \chi \Phi_k(r' - g)}{D(k, s) + |Q(k, s)|} + \frac{\Phi_k(r') - \chi \Phi_k(r' - g)}{D(k, s) - |Q(k, s)|} \right\}$$

$$\xi_k^{(2)} = \frac{\bar{\chi}}{2} \left\{ \frac{\Phi_k(r') + \chi \Phi_k(r' - g)}{D(k, s) + |Q(k, s)|} - \frac{\Phi_k(r') - \chi \Phi_k(r' - g)}{D(k, s) - |Q(k, s)|} \right\},$$

где

$$\chi = \chi(k, s) = \frac{Q(k, s)}{|Q(k, s)|}.$$

Вернемся от $\xi_k^{(i)}$ к коэффициентам $C_n^{(i)}$. Для этого воспользуемся формулой:

$$C_n^{(i)} = \frac{a}{2\pi} \int_{-\pi/a}^{+\pi/a} \xi_k^{(i)} e^{-ikna} dk.$$

Для функции Грина получаем следующее выражение:

$$\begin{aligned}
G(r, r', E) = & G_0(r - r', E) - a \int_{-\pi/a}^{+\pi/a} dk \sum_{n, n'} \frac{\exp[-ik(n - n')a]}{D(k, s) + |Q(k, s)|} \times \\
& \times \left[G_0(r - na, E) + \bar{\chi} G_0(r - na - g, E) \right] \left[G_0(na - r', E) + \chi G_0(na + g - r', E) \right] - \\
& - a \int_{-\pi/a}^{+\pi/a} dk \sum_{n, n'} \frac{\exp[-ik(n - n')a]}{D(k, s) - |Q(k, s)|} \times \\
& \times \left[G_0(r - na, E) - \bar{\chi} G_0(r - na - g, E) \right] \left[G_0(na - r', E) - \chi G_0(na + g - r', E) \right],
\end{aligned} \tag{6}$$

где $G_0(r, E) = \frac{e^{isr}}{4\pi r}$.

Выражение (6) показывает, что вблизи цепочек могут появиться две зоны волноводов. Для первой зоны закон дисперсии дается корнями $D(k, s) + |Q(k, s)|$, для второй зоны — $D(k, s) - |Q(k, s)|$. Соответствующая волновая функция имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}
\varphi_{\pm}(k, r) = & \left[\frac{d}{dE} (D(k, s) \pm |Q(k, s)|) \right]_{E=\varepsilon_{\pm}(k)}^{-1/2} \sum_n \exp(-ikna) \times \\
& \times \left[G_0(r - na, E) \pm \bar{\chi} G_0(r - na - g, E) \right]_{E=\varepsilon_{\pm}(k)},
\end{aligned}$$

где $\varepsilon_{\pm}(k)$ находится из уравнений:

$$D\left(k, \sqrt{\frac{2\mu E_{\pm}}{h^2}}\right) \pm \left| Q\left(k, \sqrt{\frac{2\mu E_{\pm}}{h^2}}\right) \right| = 0. \tag{7}$$

Рассмотрим частный случай, в котором расстояние между цепочками g_2 больше, чем расстояние между центрами одной цепи. Найдем приближенное выражение для функции $Q(k, s)$, если $s = i\chi$, χ — вещественное. Используя формулу

$$\frac{e^{-\chi\Delta}}{\Delta} = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{ip\Delta} dp}{p^2 + \Delta^2},$$

приведем выражение для $Q(k, i\chi)$ к виду:

$$Q(k, i\chi) = \frac{1}{\pi} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} e^{ikna} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{i\xi\chi} d\xi}{\xi^2 + (na - g_1)^2 + g_2^2} = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{i\xi\chi} \left(\sum_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{e^{ikna}}{\xi^2 + (na - g_1)^2 + g_2^2} \right) d\xi.$$

Если $0 \leq ka < \pi$, тогда

$$\begin{aligned}
& \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{e^{ikna}}{\alpha^2 + (na - \beta)^2} = \\
& = -\frac{\pi}{2a\alpha} \left\{ \left[\operatorname{cth} \left[\frac{\pi}{a} (\beta - i\alpha) \right] - i \right] \exp[ik(\beta + i\alpha)] - \left[\operatorname{cth} \left[\frac{\pi}{a} (\beta - i\alpha) \right] - i \right] \exp[ik(\beta - i\alpha)] \right\}
\end{aligned}$$

для $\alpha > 0$.

$$\sum_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{e^{ikna}}{\alpha^2 + (na - \beta)^2}; \quad \frac{\pi \exp(ik\beta)}{a\alpha} \left[\exp(-k\alpha) - \exp(k\alpha) \exp\left[-\frac{2\pi}{a}(\alpha + \beta)\right] \right]$$

для $\alpha \rightarrow 0$.

Следовательно,

$$Q(k, i\chi) \approx \frac{e^{ikg_1}}{a} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{i\xi\chi}}{\sqrt{\xi^2 + g_2^2}} \left[e^{-k\sqrt{\xi^2 + g_2^2}} - e^{-2\pi g_1/a} e^{(k-2\pi/a)\sqrt{\xi^2 + g_1^2}} \right] d\xi =$$

$$= \frac{e^{ikg_1}}{a} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{e^{i\eta\chi g_2}}{\sqrt{1 + \eta^2}} \left[e^{-kg_2\sqrt{1 + \eta^2}} - e^{-2\pi g_1/a} e^{(k-2\pi/a)g_2\sqrt{1 + \eta^2}} \right] d\eta. \quad (8)$$

Последний интеграл в (8) можно свести к криволинейному, который включает в себя полюсы (i, i_∞) в верхней полуплоскости. Тогда

$$Q(k, i\chi) \approx \frac{2e^{ikg_1}}{a} \int_1^\infty \frac{e^{-\theta\chi g_2}}{\sqrt{\theta^2 - 1}} \left[\cos(kg_2)\sqrt{\theta^2 - 1} - e^{-2\pi g_1/a} \cos\left(\left(\frac{2\pi}{a} - k\right)g_2\sqrt{\theta^2 - 1}\right) \right] \approx$$

$$\approx \sqrt{\frac{2\pi}{g_2}} \frac{e^{ikg_1 - kg_2}}{a} \left\{ \frac{\sqrt{\chi + \sqrt{\chi^2 + 2k^2}}}{\sqrt{\chi^2 + 2k^2}} - e^{i2\pi g_1/a} \frac{\sqrt{\chi + \sqrt{\chi^2 + 2(2\pi/a - k)^2}}}{\sqrt{\chi^2 + 2(2\pi/a - k)^2}} \right\}. \quad (9)$$

Подставив (9) в (7), мы получим величину расщепления для зоны волновода (которое возникает из-за наличия второй цепочки). Для цепочек, существенно удаленных друг от друга, значение $|Q(i, \chi)|$ будет мало. Итак, уровень $\varepsilon_0(k)$ расщепления для одиночной цепочки имеет вид:

$$\varepsilon_\pm(k) = \varepsilon_0(k) \pm \frac{hd\sqrt{2|\varepsilon_0(k)|}}{\sqrt{\mu}\sqrt{(d + \cos(ka))^2 - 1}} \left| Q\left(k, \frac{i}{h}\sqrt{2\mu|\varepsilon_0(k)|}\right) \right|.$$

Разрыв в полосе волновода может случиться, если верхняя часть зоны $\varepsilon_-(k)$, т.е. $\varepsilon_-(\pi/a)$ будет больше, чем нижняя часть $\varepsilon_+(0)$ для зоны $\varepsilon_+(k)$, т.е. при $\varepsilon_-(\pi/a) < \varepsilon_+(0)$.

Литература

1. Popov I.Yu. On the possibility of magnetoresistance governed by light // *Nanosystems: Phys. Chem. Math.* – 2013. – V. 4(6). – P. 795–799.
2. Wulf U., Krahlich M., Kucera J., Richter H., Hontschel J. A quantitative model for quantum transport in nano-transistors // *Nanosystems: Phys. Chem. Math.* – 2013. – V. 4(6). – P. 800–809.
3. Lobanov I.S., Trifanov A.I., Trifanova E.S. Genetic algorithm for constructing graphene nanoribbon with given electronic transport properties // *Nanosystems: Phys. Chem. Math.* – 2013. – V. 4(4). – P. 512–523.
4. 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. 033504/1-20.
5. Boitsev A.A., Popov I.Yu., Sokolov O.V. Hamiltonian with zero-range potentials having infinite number of eigenvalues // *Nanosystems: Phys. Chem. Math.* – 2012. – V. 3(4). – P. 9–19.
6. Albeverio S., Gesztesy F., Hoegh-Krohn R., Holden H. *Solvable Models in Quantum Mechanics.* – 2nd ed. – AMS, 1988. – 488 p.
7. Pavlov B.S. Extensions theory and explicitly solvable models // *Uspekhi. Mat. Nauk.* – 1987. – V. 42(6). – P. 99–131.
8. Berndt J., Malamud M.M., Neidhardt H. Scattering matrices and Weyl functions // *Proc. London Math. Soc.* – 2008. – V. 97(3). – P. 568–598.

9. Boitsev A.A., Neidhardt H., Popov I.Yu. Weyl function for sum of operators tensor products // *Nanosystems: Phys. Chem. Math.* – 2013. – V. 4(6). – P. 747–759.
10. Birman M.S., Solomyak M.Z. *Spectral Theory of Self-Adjoint Operators in Hilbert Space.* – D. Reidel Publishing Company, Dordrecht-Boston-Lancaster, 1987. – 301 p.
11. Alonso A., Simon B. The Birman-Krein-Vishik theory of selfadjoint extensions of semi-bounded operators // *J. Oper. Theory.* – 1980. – V. 4. – P. 251–270.
12. Adamyan V.M., Pavlov B.S. Null-range potentials and M.G. Krein's formula for generalized resolvents // *Journal of Soviet Mathematics.* – 1988. – V. 42(2). – P. 1537–1550.

УДК 004.414.23

**РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА
ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ДИСЦИПЛИН
ОБСЛУЖИВАНИЯ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ**

Д.А. Попова

Научный руководитель – к.т.н., доцент В.В. Соснин

Современные дисциплины обслуживания очередей, которые в наши дни широко применяются в сетевых устройствах, не поддаются аналитическим методам исследования и не доступны в готовом виде в средах имитационного моделирования. Представлен проект учебно-исследовательского комплекса для изучения свойств современных дисциплин обслуживания, использование которого позволяет сократить временные затраты на конфигурирование сетевых устройств, а также избежать закупки дорогостоящего оборудования на этапе проектирования.

Ключевые слова: AnyLogic, QoS, имитационное моделирование, компьютерная сеть.

Введение

Известно, что различные приложения, которые одновременно используют компьютерную сеть, создают разнородные потоки трафика, которые затем поступают в узлы компьютерной сети. При этом к качеству обслуживания каждого из типов трафика предъявляются определенные требования (например, ограничивается максимальное время его передачи или вероятность потерь).

Для распределения сетевых ресурсов между потоками трафика применяются дисциплины обслуживания (ДО), которые определяют правила выбора пакета для обработки на следующем шаге. При этом лучшее обслуживание требуемого сетевого трафика по отношению к другим реализуется при помощи введения приоритетов.

Современные ДО очередей, которые в наши дни широко применяются в сетевых устройствах, подразумевают продуманную настройку набора параметров, но в большинстве случаев не поддаются аналитическим методам исследования. Кроме того, современные дисциплины не входят в стандартный набор, который может быть использован при построении моделей в существующих средах имитационного моделирования.

В результате при конфигурировании ДО на реальном сетевом устройстве возникают следующие сложности:

1. параметры ДО приходится устанавливать эмпирически, так как их влияние на характеристики QoS нельзя оценить аналитически;
2. процесс функционирования ДО внутри сетевого устройства не является наглядным, что затрудняет освоение современных ДО новичками;

3. уже на этапе проектирования компьютерной сети может потребоваться закупка дорогостоящего оборудования, если при проектировании предъявляются жесткие QoS-требования, зависящие от параметров ДО.

Решением перечисленных проблем может стать инструмент имитационного моделирования, который бы предоставил возможности для изучения свойств приоритетных ДО. Такой инструмент как учебно-исследовательский комплекс (УИК) был разработан на кафедре ВТ Университета ИТМО в 2013 году в рамках работы [1]. Целью настоящей работы стало расширение функциональности УИК, связанное с реализацией современных ДО и механизмов активного управления очередями (Active Queue Management – AQM) [2].

Постановка задачи

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. провести аналитический обзор традиционных и современных дисциплин обслуживания и механизмов активного управления очередями;
2. провести обзор возможностей среды имитационного моделирования AnyLogic;
3. расширить возможности УИК, разработанного Т.К. Гомзиной;
4. провести верификацию работы реализованных приоритетных дисциплин обслуживания;
5. автоматизировать расчет доверительного интервала для результатов имитационных экспериментов;
6. создать методические указания по применению УИК в образовательном процессе.

Средство исследования

УИК представляет собой независимый Java-апплет, разработанный в программной среде имитационного моделирования AnyLogic 7.

В качестве модели интерфейса сетевого устройства (маршрутизатора, коммутатора, сетевого адаптера) используется система массового обслуживания (СМО). Для создания модели была реализована диаграмма процесса, состоящая из блоков «Основной библиотеки» AnyLogic, которые были расширены нестандартной функциональностью при помощи модификации Java-объектов AnyLogic [3]. Можно выделить следующие основные этапы для добавления нестандартной функциональности в модель:

1. представить логику требуемого алгоритма на языке Java в виде функции в корневом активном объекте «Main»;
2. определить событие, по которому должна срабатывать данная функция, и задать условие для ее вызова в свойствах соответствующего блока модели, например, «Действие при выходе»;
3. организовать сбор необходимой статистики при помощи задания правил изменения вспомогательных переменных во время проведения эксперимента, также в свойствах блоков моделей.

Задание параметров сетевого устройства

Рассмотрим пользовательский интерфейс УИК (доступен для запуска по ссылке [4]) и принципы его работы.

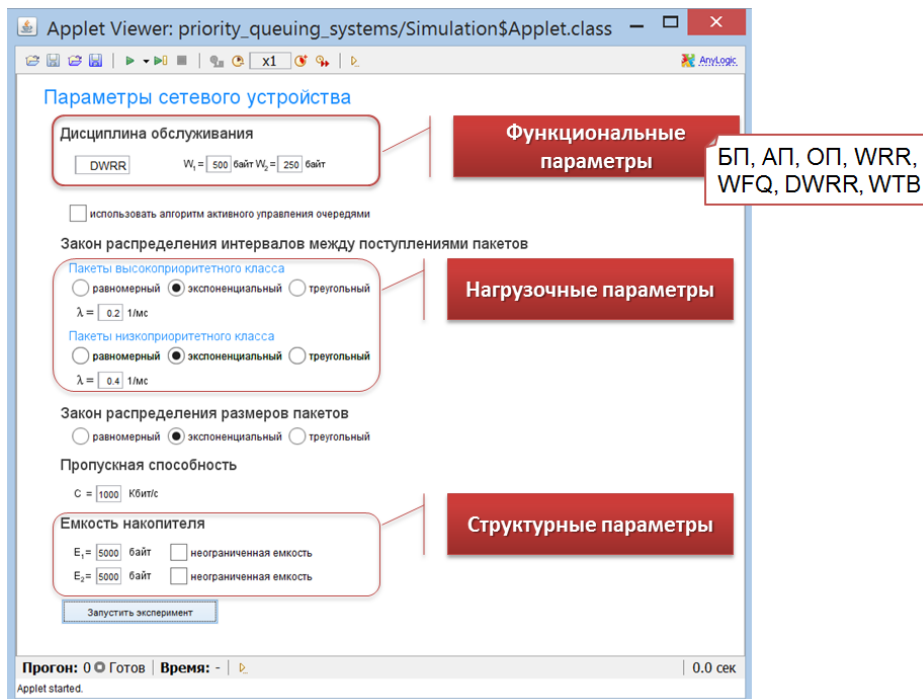


Рис. 1. Задание параметров сетевого устройства

Для начала работы с УИК (рис. 1) необходимо задать требуемые параметры сетевого устройства. Реализована возможность проведения экспериментов с различными сочетаниями функциональных, нагрузочных и структурных параметров. Доступны современные ДО: WRR, WFQ, DWRR, WTB, а также традиционные: FIFO, ОП, АП. Закон распределения интервалов между поступлениями пакетов может быть задан равномерным, экспоненциальным или треугольным.

Проведение имитационного эксперимента

После задания параметров осуществляется запуск эксперимента и переход к основному окну УИК, в котором можно выделить несколько функциональных областей (рис. 2).

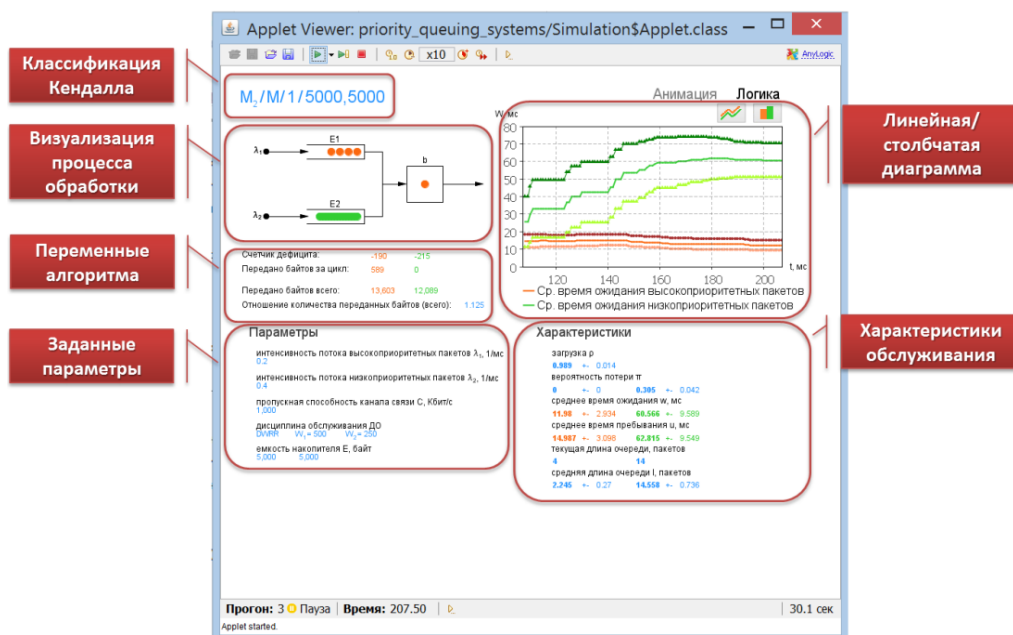


Рис. 2. Проведение имитационного эксперимента

Необходимая информация отображается в удобном для восприятия пользователем виде: процесс функционирования сетевого устройства наглядно представлен в виде анимации на схеме системы массового обслуживания. Во время проведения имитационного эксперимента выполняется построение нескольких типов графиков такой ключевой характеристики, как среднее время ожидания. Пакеты трафика окрашиваются в различные цвета в соответствии с назначенным приоритетом.

Управления ходом эксперимента выполняется при помощи панели, расположенной в верхней части окна. Доступна возможность ускорить, замедлить или же остановить модельное время.

Реализация новой функциональности

Рассмотрим более подробно возможности, которые были реализованы автором работы для расширения функциональности УИК.

1. Реализован алгоритм взвешенного кругового обслуживания с дефицитом (Deficit Weighted Round Robin, DWRR) [5], который в настоящее время находит применение в сетях LTE.
2. Реализован алгоритм взвешенного обслуживания с использованием корзины токенов (Weighted Token Bucket, WTB), где приоритетное обслуживание обеспечивается за счет назначения большей скорости поступления токенов в корзину для очередей трафика более приоритетных классов.
3. Реализован алгоритм произвольного раннего обнаружения (Random Early Detection, RED), а также его модификации: гибкое, адаптивное и взвешенное раннее обнаружение.
4. Выполнена автоматизация расчета доверительного интервала, что позволяет оценить точность полученных результатов для всех рассчитываемых характеристик функционирования узла компьютерной сети в ходе экспериментов.
5. Расширены возможности визуализации (рис. 3). Для лучшего восприятия собираемой статистики в УИК были добавлены гистограммы, показывающие плотность вероятности среднего времени ожидания пакетов высокоприоритетного и низкоприоритетного классов. Также на линейном графике отображен доверительный интервал в виде двух вспомогательных линий, которые создают условный визуальный «коридор», покрывающий значение среднего времени ожидания с вероятностью 95%.

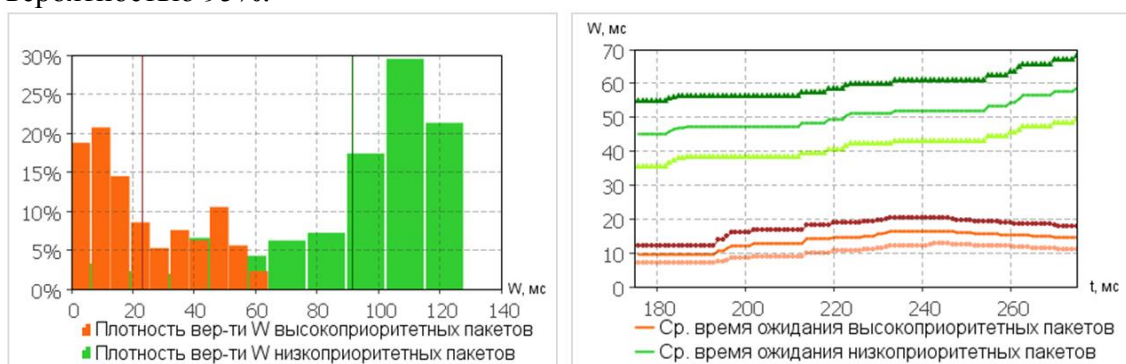


Рис. 3. Расширение возможностей визуализации

Верификация алгоритмов DWRR и WTB

Для верификации работы реализованных ДО были проведены следующие эксперименты. Входные параметры были заданы таким образом, что вес первой очереди в 2 раза превосходил вес второй очереди. Для того чтобы определить,

справедливо ли алгоритмы выполняют разделение пропускной способности, было измерено отношение количества переданных байтов. Из результатов в таблице видно, что ожидаемое значение попадает в доверительный интервал эксперимента.

Таблица. Верификация алгоритмов DWRR и WTB

Величина	DWRR	WTB
Уровень надежности	95%	95%
Стандартное отклонение по выборке	0,026	0,004
Размер выборки	30	30
Среднее значение выборки	2,006	1,999
Доверительный интервал	от 1,996 до 2,015	от 1,998 до 2,001

Создание методических указаний

Внедрение УИК в учебный процесс планируется в Университете ИТМО по дисциплине «Сети ЭВМ и телекоммуникации». Подготовлена лабораторная работа, в результате выполнения которой студентами должны быть приобретены знания и навыки о принципах организации приоритетного обслуживания в сетевом устройстве.

Результаты

Главным результатом работы явился усовершенствованный учебно-исследовательский комплекс, предоставляющий уникальные возможности для проведения экспериментов с современными дисциплинами обслуживания, которые недоступны в существующих средах имитационного моделирования.

В ходе работы был выполнен аналитический обзор современных ДО, изучение возможностей среды имитационного моделирования AnyLogic и значительное расширение функциональности УИК:

1. реализованы современные приоритетные ДО DWRR и WTB;
2. реализованы алгоритмы активного управления очередями RED, ARED, GRED и WRED;
3. реализован автоматизированный расчет доверительного интервала;
4. расширены возможности визуализации;
5. проведена верификация работы ДО DWRR и WTB.

Результаты проведенной работы представляют практическую значимость, поскольку усовершенствованный УИК будет внедрен в образовательный процесс.

Перспективы развития

В качестве дальнейшего направления исследований планируется реализовать в УИК возможность использования реальных дампов трафика и исследовать распределение сетевых ресурсов на предмет соответствия характеристик их обслуживания рекомендациям ITU-T.

Литература

1. Учебно-исследовательский комплекс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.runthemodel.com/models/909/>, своб.

2. Nguyen Tuong Investigating the Effects of Active Queue Management on the Performance of TCP Applications: Doctoral dissertation. – University of North Carolina, Chapel Hill, 2005.
3. Боев В.Д., Кирик Д.И., Сыпченко Р.П. Компьютерное моделирование. Пособие для курсового и дипломного проектирования. – СПб.: ВАС, 2011. – 348 с.
4. Усовершенствованный учебно-исследовательский комплекс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.runthemodel.com/models/k-M5kF1HxctNrp6XaNHPIx/>, своб.
5. Shreedhar M., Varghese G. Efficient Fair Queuing Using Deficit Round-Robin // IEEE/ACM Transactions on Networking. – 1996. – V. 4(3). – P. 375–385.

УДК 004.4

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ЛИНГВИСТИКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОБЩЕСТВЕННОГО МНЕНИЯ

Р.В. Посевкин

Научный руководитель – д.т.н., доцент И.А. Бессмертный

Предлагается метод оценки общественного мнения на основе sentiment-анализа отзывов и обсуждений опубликованных документов. Приводится описание этапов процесса sentiment-анализа, основанного на словарях.

Ключевые слова: обработка текстов, тональность, sentiment-анализ.

Проблема управления текстом представляет большой интерес для сфер и институтов общества, оперирующих с текстовыми документами. Особенно это относится к областям образования, журналистики, культуры и издательской деятельности, эффективность которых обусловлена 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 возможно 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 sentiment» или «отрицательный sentiment» [2]. В то же время, ряд систем позволяет определять еще и силу тональности.

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.

Тональность текста в целом определяется лексической тональностью составляющих его единиц и правилами их сочетания [3].

Субъектом тональности является автор текста, объект тональности – то, о чем или ком идет в тексте речь [4].

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 [5].

В разработанном 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 [6]. При хорошем наполнении тональных словарных списков этот метод позволяет достичь хорошей полноты.

Для автоматического определения тональности текста используется подход на основе правил с использованием шаблонов (rule-based with patterns). Подход заключается в генерации правил, на основе которых будет определяться тональность текста. Для этого текст разбивается на слова или последовательности слов (N-grams). Затем полученные данные используются для выделения часто встречающихся шаблонов, которым присваивается положительная или отрицательная оценка. Выделенные шаблоны применяются при создании правил вида «ЕСЛИ условие, ТО заключение».

В качестве инструмента, применяемого для морфологического анализа и разбора текста, используется программный продукт компании Яндекс «Томиа-парсер». Томиа-парсер позволяет по написанным пользователем шаблонам (КС-грамматикам) выделять из текста разбитые на поля цепочки слов или факты.

Парсер включает в себя три стандартных лингвистических процессора: токенизатор (разбиение на слова), сегментатор (разбиение на предложения), морфологический анализатор.

Разработанный программный продукт реализует многофазный процесс [7], состоящий из следующих этапов. На первом этапе текст разбивается на отдельные предложения, предложения – на отдельные слова. На втором этапе производятся морфологический анализ каждого слова, лемматизация и определение частей речи. Для лемматизации используется Томита-парсер. Затем слово в исходной форме проверяется по тональному словарю.

Используются тональные словари для русскоязычного текста объемом порядка 35000 слов. Если слово присутствует в словаре, записывается его тональность. В словаре каждому слову соответствует тональная оценка. Такой показатель представляет собой набор из пяти значений. Каждое значение определяет степень принадлежности слова к одному из классов: крайне отрицательный, отрицательный, нейтральный, положительный, крайне положительный. Сумма всех значений для конкретного слова равна единице.

В случае отсутствия в словаре слово считается нейтральным. Последним шагом вычисляется общая тональность предложения на основе тональностей составляющих слов. Для расчета общей тональности предложения применяется метод, основанный на теоретико-графовых моделях [8]. 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. Для получения конечного результата нужно вычислить значения двух оценок: положительной и отрицательной составляющей. Для того чтобы найти положительную составляющую предложения необходимо найти сумму тональностей всех положительных компонент слов предложения. Значение отрицательной составляющей текста находится аналогичным образом. Для итоговой оценки тональности всего текста нужно вычислить отношение этих составляющих по формуле (1).

$$S^* = \frac{\sum_{i=1}^N (S4_i + S5_i)}{\sum_{i=1}^N (S1_i + S2_i)}, \quad (1)$$

где S^* – тональная оценка предложения; $S = [S1, S2, S3, S4, S5]$ – тональная оценка слова, $S1, S2$ – отрицательная составляющая тональной оценки слова, $S4, S5$ – положительная составляющая тональной оценки слова; N – количество слов в предложении. Значение S^* сравнивается с некоторым значением T , которое вычисляется экспериментально. Текст, в котором значение S^* близко к значению T , будет считаться нейтральным, если превосходит T – положительным, меньше значения T – отрицательным.

Узкая специализация анализатора – оценка текстов с помощью линейной шкалы – позволяет обойтись словарем небольшого объема.

Проведены эксперименты по анализу работоспособности разработанных алгоритмов оценки тональности текста. В качестве условия проведения эксперимента выступают отзывы пользователей электроники и бытовой техники, оставленные в специализированном сервисе «Яндекс.Маркет» и отзывы зрителей, оставленные на кинофильмы в сервисе «Кинопоиск». На данных сервисах пользователь при публикации отзыва определяет тип рецензии: положительная / отрицательная / нейтральная.

Для экспериментов были отобраны 100 предложений. Таким образом, в эксперименте сравнивается сентимент, полученный в результате анализа разработанным программным средством, и сентимент, который определил пользователь при публикации отзыва. На основании полученных результатов всех экспериментов по формуле (2) рассчитывается точность определения сентимента.

$$\text{Prec} = \frac{N_{\text{Cor}}}{N_{\text{All}}}, \quad (2)$$

где P_{res} – точность определения тональности текста; N_{Cor} – количество экспериментов с верно определенной тональностью предложения; N_{All} – общее количество экспериментов. По результатам экспериментов точность определения тональности текста разработанного программного продукта составляет 78%.

Разработана программная система sentiment-анализа естественно-языкового текста на русском языке. Словари тональности представлены в открытом и удобочитаемом виде. Таким образом, предоставляется возможность для расширения и правки уже существующей информации. Программная система sentiment-анализа русскоязычного текста, реализованная на открытых словарях тональности, разработана впервые.

Заключение

Разработанная программная система позволяет производить sentiment-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 sentiment-анализа отзывов и переписки людей на форумах, станет возможным автоматически оценивать общественное мнение относительно обсуждаемых событий.

Литература

1. Бессмертный И.А., Джалишвили З.О., Максимов В.В., Маркин Д.А. Лингвооценочное управление текстом // Тезисы докладов X Международной конференции «Применение новых технологий в образовании». – Троицк: Фонд новых технологий в образовании «Байтик», 1999.
2. Bessmertnyi I., Nugumanova A. Applying the Latent Semantic Analysis to the Issue of Automatic Extraction of Collocations from the Domain Texts // Communications in Computer and Information Science. Proc. of 4th Conf. on knowledge engineering and Semantic Web. – 2013. – P. 92–101.
3. Позельская А.Г., Соловьев А.Н. Метод определения эмоций в текстах на русском языке // Тезисы докладов ежегодной Междунар. конф. по компьютерной лингвистике и интеллектуальным технологиям «Диалог 2011». – 2011. – С. 510–523.
4. Cruz F.L., Troyano J.A., Pontes B., Ortega F.J. Building layered, multilingual sentiment lexicons at synset and lemma levels // Expert Systems with Applications. – 2014. – V. 41(13). – P. 5984–5994.
5. Ермаков С.А., Ермакова Л.М. Методы оценки эмоциональной окраски текста // Вестник Пермского университета. – 2012. – № 1. – С. 85–89.
6. Parau P., Stef A., Lemnaru C., Dinsoreanu M., Potolea R. Using community detection for sentiment analysis // 9th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing. – 2013. – P. 5984–5994.
7. Chiru C.-G., Hadgu A.T. Sentiment-based text segmentation // 2nd International Conference on Systems and Computer Science. – 2013. – P. 234–239.
8. Минаков И.А. Анализ эмоциональной тональности текста и его применение для повышения качества переходов по релевантным объявлениям // Вестник Самарского государственного технического университета. – 2013. – № 1(37). – С. 58–63.

В настоящей работе исследуется взаимодействие электромагнитного поля точечного потенциала с системой, состоящей из произвольного числа слоев метаматериалов и диэлектриков. Получены рекуррентные соотношения для коэффициентов функции Грина. Для системы, состоящей из чередующихся слоев метаматериала и вакуума, найдены решения данных рекуррентных соотношений. Для каждого слоя системы получены выражения электрической p -поляризованной составляющей функции Грина. Рассмотрен частный случай слоистой системы – слой метаматериала в вакууме, для которого получены выражения для электрической s - и p -поляризованной составляющей функции Грина.

Ключевые слова: метаматериалы, отрицательный коэффициент преломления, левое вещество, NIM, уравнения Максвелла, точечный потенциал.

Введение

Метаматериалы – это искусственно созданные материалы, в которые в процессе производства внедряется специальная периодическая структура. Благодаря этому материалы получают новые свойства, которые не встречаются в природе. Главной особенностью метаматериалов является отрицательный коэффициент преломления, поэтому в зарубежной литературе их называют *negative index materials* или NIMs. В общем случае NIM-системы характеризуются наличием таких частот ω , при которых электрическая проницаемость $\varepsilon(\omega)$ и магнитная проницаемость $\mu(\omega)$ становятся отрицательными. В этом случае коэффициент преломления n имеет также отрицательную величину

$$n = \sqrt{\varepsilon(\omega)\mu(\omega)} = \sqrt{-|\varepsilon(\omega)|} \sqrt{-|\mu(\omega)|} = i^2 \sqrt{|\varepsilon(\omega)||\mu(\omega)|} = -\sqrt{|\varepsilon(\omega)||\mu(\omega)|} < 0,$$

(считаем, что поглощения нет и $\varepsilon(\omega)$ и $\mu(\omega)$ – вещественные функции). Особенным является случай, называемый NIM-ситуацией, когда электрическая и магнитная проницаемости равны -1 (в противоположность случаю с вакуумом, когда они равны $+1$). Частоту $\hat{\omega}$, при которой реализуется этот случай, называют NIM-частотой.

Материалы с отрицательным коэффициентом преломления были впервые описаны в работе [1], где автор ввел понятие «левое вещество». Но исследования в данной области не получили продолжения. Спустя три десятилетия тема NIMs снова вызвала интерес в научной среде благодаря работе [2], в которой автор описал модель суперлинзы. Она основана на эффекте отрицательного преломления, благодаря чему разрешающая способность суперлинзы во много раз превышает дифракционный предел. Сегодня исследования NIM-систем ведутся в лабораториях по всему миру. Популярность этой тематики связана с возможностью использования NIM-систем для воплощения фантастических идей в реальность: супер- и гиперлинзы, скрывающие поверхности, маскировка и невидимость при помощи NIMs.

Среди NIM-систем особенно выделяются слоистые NIM-системы. Интерес к ним берет начало в идее создания суперлинзы. Простейшей моделью суперлинзы является система, состоящая из одного слоя метаматериала, помещенного в вакуум (*single layer, slab*). Среди многочисленных исследований систем, основанных на данной модели, наиболее полное представлено в [3]. Однако для NIM-систем, состоящих из нескольких слоев, результатов получено крайне мало. Простейший случай слоистой системы рассмотрен в работе [4]. Авторы исследовали систему, состоящую из двух полупространств, заполненных NIM и вакуумом. Они получили формулы для электрических s - и p -поляризованных составляющих функции Грина,

имея которые легко вычислить величину электрического поля в любой точке системы. В настоящей работе ставится задача изучения более общего случая слоистой NIM-системы.

Постановка задачи

Исследуется многослойная NIM-система, в которой границы слоев считаются параллельными. Необходимо получить выражения для электрических s - и p -поляризованных составляющих функции Грина. Имея эти выражения, нетрудно вычислить величину электрического поля в любой точке системы, следуя формулам в [4, 5]. Выделяются два случая.

В первом, частном, случае нас интересует система, состоящая из одного слоя NIM, помещенного в вакуум (рис. 1).

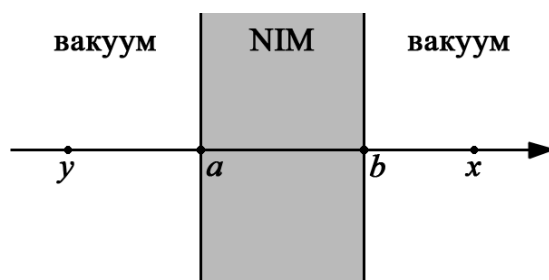


Рис. 1. Слой NIM в вакууме

Левая граница слоя находится в точке a , правая – в точке b , ширина слоя $(b-a)$. Источник находится в точке y ($y < a$). Эта система была описана ранее в [5]. Требуется получить формулы для электрических s - и p -поляризованных составляющих функции Грина в точке x , положение которой задается произвольно. Уравнения для составляющих функции Грина были представлены в [4, 5].

Во втором случае рассматривается периодическая слоистая NIM-система, состоящая из чередующихся слоев NIM и вакуума (рис. 2).

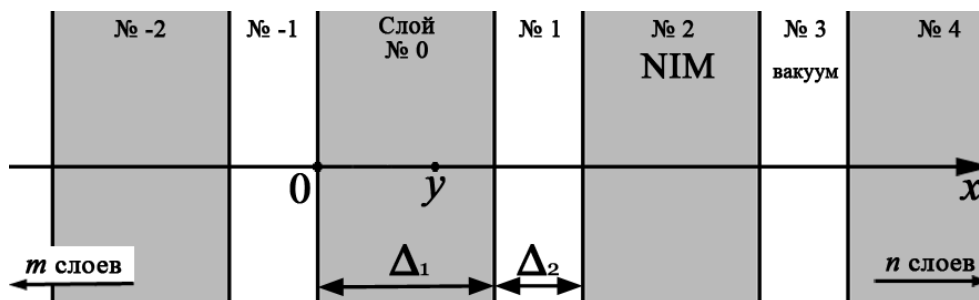


Рис. 2. Периодическая слоистая система

Всего в системе $(n+m+1)$ слоев. Их количество выбирается произвольно и таким образом, чтобы число n слоев справа и m слоев слева от слоя с номером 0 было нечетным. Все NIM-слои одинаковы и имеют толщину d_1 , слои вакуума имеют толщину d_2 . Слои с номерами n и m образуют полупространства, заполненные вакуумом. Источник поля помещен в слой с номером 0, заполненный NIM. Требуется получить формулы для электрической p -поляризованной составляющей функции Грина в точке x , положение которой задается произвольно. Нас интересует только p -поляризованная составляющая функции Грина, так как s -поляризованная составляющая может быть найдена аналогичным способом. Уравнение для p -поляризованной составляющей функции Грина было представлено в [4, 5].

Результаты

Для первого случая, в котором мы рассматриваем систему, состоящую из одного слоя NIM, помещенного в вакуум (рис. 1), были получены формулы для электрических s - и p -поляризованных составляющих функции Грина. Они представлены в [5].

Для второго случая, в котором нас интересует периодическая слоистая система, состоящая из чередующихся слоев NIM и вакуума (рис. 2), были составлены рекуррентные соотношения для коэффициентов функции Грина. Они также представлены в [5]. Отметим, что полученные рекуррентные соотношения справедливы также и для общего случая NIM-системы, состоящей из нескольких слоев с различными коэффициентами преломления (такую систему мы описали в [5]).

Для второго случая также были получены формулы для электрической p -поляризованной составляющей функции Грина. Они представлены ниже.

Обозначим

$$\rho(\omega) = \sqrt{\left| \omega^2 \left(1 - \frac{\Omega^2}{\omega^2 - \omega_0^2} \right)^2 - \kappa^2 \right|},$$

$$W = \left(\frac{\rho(\hat{\omega})\Omega}{2\kappa} \right)^2 \frac{1}{(z - \hat{\omega})(z + \hat{\omega})}.$$

Для случая $\hat{\omega} > \kappa$ (radiative regime), мы получили точные выражения для электрической p -поляризованной составляющей функции Грина при $z = \pm \hat{\omega}$:

$$G_p(x, y, \pm \hat{\omega}) = \pm \frac{\rho(\hat{\omega})}{2i\hat{\omega}^2} \exp[\pm i\rho(\hat{\omega})(-|x - y| + d_2|k|)] \quad \text{для} \quad \text{четных}$$

$$k = -(m-1), \dots, 0, \dots, (n-1),$$

$$G_p(x, y, \pm \hat{\omega}) = \pm \frac{\rho(\hat{\omega})}{2i\hat{\omega}^2} \exp[\pm i\rho(\hat{\omega})(-|x - y| - d_1|k+1|)] \quad \text{для} \quad \text{нечетных}$$

$$k = -m, \dots, -1, 1, \dots, n.$$

В этом случае отражение отсутствует. Обозначим полученную функцию Грина в k -ом слое $G_k(\tilde{x} \in (0, l)) = G_p(x \in (x_k, x_{k+1}), y, \pm \hat{\omega})$, где l – толщина слоя, $k = -m, \dots, n$, $x_{-m} = -\infty$, $x_{n+1} = +\infty$. Заметим, что для четных k , т.е. NIM-слоев с толщиной $l = d_1$, верно

$$G_{k+2}(\tilde{x}) = G_k(\tilde{x}) \cdot \exp[\pm i\rho(\hat{\omega})(d_2 - d_1)], \text{ если } k \geq 0,$$

$$G_{k-2}(\tilde{x}) = G_k(\tilde{x}) \cdot \exp[\pm i\rho(\hat{\omega})(d_2 - d_1)], \text{ если } k < 0. \quad (1)$$

Таким образом, величина найденной функции Грина в соседних NIM-слоях отличается лишь постоянным множителем, отвечающим за фазу электрической волны. Соотношения (1) также справедливы для найденной функции Грина для нечетных k , т.е. в соседних слоях вакуума с толщиной $l = d_2$.

Для случая $\hat{\omega} < \kappa$ (evanescent regime) мы получили асимптотики электрической p -поляризованной составляющей функции Грина при $z \rightarrow \pm \hat{\omega}$. Обозначим полученную функцию Грина в k -ом слое $G_k = G_p(x \in (x_k, x_{k+1}), y, z)$, $k = -m, \dots, n$, $x_{-m} = -\infty$, $x_{n+1} = +\infty$. Тогда справедливы следующие формулы:

$$G_k = \frac{\rho(\hat{\omega})}{2\hat{\omega}^2} \exp[\rho(\hat{\omega})(-x - y + d_1(k+1))], \text{ для нечетных } k = 1, \dots, n,$$

$$G_k = \frac{\rho(\hat{\omega})}{2\hat{\omega}^2} \exp[\rho(\hat{\omega})(x - y - d_2k)], \text{ для четных } k = 2, \dots, (n-1),$$

$$G_0 = \frac{\rho(\hat{\omega})}{2\hat{\omega}^2} \exp[\rho(\hat{\omega})|x - y|],$$

$$G_k = \frac{\rho(\hat{\omega})}{2\hat{\omega}^2} \left(\begin{array}{l} \exp[\rho(\hat{\omega})(x + y - d_1(k+1))] + \\ 2W(1 - \exp[\rho(\hat{\omega})2d_2]) \cdot \\ \exp[\rho(\hat{\omega})(-x + y + d_2(k-1))] \end{array} \right), \text{ для нечетных } k = -(m-2), \dots, -1,$$

$$G_k = \frac{\rho(\hat{\omega})}{2\hat{\omega}^2} \left(\begin{array}{l} \exp[\rho(\hat{\omega})(-x + y + d_2k)] + \\ 2W(1 - \exp[\rho(\hat{\omega})2d_2]) \cdot \\ \exp[\rho(\hat{\omega})(x + y - d_1(k+2))] \end{array} \right), \text{ для четных } k = -(m-3), \dots, -2,$$

$$G_{-(m-1)} = \frac{\rho(\hat{\omega})}{2\hat{\omega}^2} \left(\begin{array}{l} -\frac{1 - \exp[-\rho(\hat{\omega})(d_1 - d_2)(m-1)]}{1 - \exp[\rho(\hat{\omega})2(d_1 - d_2)]} \cdot \\ \exp[\rho(\hat{\omega})(-x + y - d_2(m+1))] + \\ 2W \exp[\rho(\hat{\omega})(x + y + d_1(m-3))] \end{array} \right) (1 - \exp[\rho(\hat{\omega})2d_2]),$$

$$G_{-m} = \frac{\rho(\hat{\omega})}{2\hat{\omega}^2} \left(\begin{array}{l} -\frac{1 - \exp[-\rho(\hat{\omega})(d_1 - d_2)(m-1)]}{1 - \exp[\rho(\hat{\omega})2(d_1 - d_2)]} \cdot \\ \exp[\rho(\hat{\omega})(x + y + d_1(m-1) - 2d_2)] \end{array} \right) (1 - \exp[\rho(\hat{\omega})2d_2]).$$

Заметим, что для четных k , т.е. NIM-слоев с толщиной $l = d_1$, верно

$$G_{k+2}(\tilde{x}) \stackrel{z \rightarrow \pm \hat{\omega}}{\square} G_k(\tilde{x}) \cdot \exp[-\rho(\hat{\omega})(d_2 - d_1)], \text{ если } k \geq 0,$$

$$G_{k-2}(\tilde{x}) \stackrel{z \rightarrow \pm \hat{\omega}}{\square} G_k(\tilde{x}) \cdot \exp[-\rho(\hat{\omega})(d_2 - d_1)], \text{ если } k < 0. \quad (2)$$

Таким образом, величина найденной функции Грина в соседних NIM-слоях отличается лишь постоянным множителем. Соотношения (2) также справедливы для найденной функции Грина для нечетных k , т.е. в соседних слоях вакуума с толщиной $l = d_2$.

Чтобы восстановить величину электрического поля в любой точке системы, следует воспользоваться формулами, представленными в [4, 5]. Так как полученные асимптотики функции Грина для случая $\hat{\omega} < \kappa$ имеют полюсы в $z = \pm \hat{\omega}$, то при восстановлении $\mathbf{E}(\mathbf{x}, t)$ возникают незатухающие вклады, осциллирующие пропорционально $\exp[\pm i\hat{\omega}t]$.

Заключение

В данной работе продолжено исследование слоистых NIM-систем, начатое в [4]. Нас интересовала многослойная NIM-система, в которой границы слоев считаются параллельными. Рассмотрены два случая NIM-систем. В первом, частном, случае нас интересовала система, состоящая из одного слоя NIM, помещенного в вакуум (рис. 1). Во втором случае мы рассмотрели периодическую слоистую NIM-систему, состоящую из чередующихся слоев NIM и вакуума (рис. 2). Для первого мы получили формулы электрических s - и p -поляризованных составляющих функции Грина. Для второго были составлены рекуррентные соотношения для коэффициентов функции Грина, а также выведены формулы электрической p -поляризованной составляющей функции Грина. Данные результаты получены для двух случаев NIM-частоты: точные формулы для $\hat{\omega} > \kappa$ (radiative regime) и асимптотические выражения для $\hat{\omega} < \kappa$ (evanescent regime). Имея эти выражения, нетрудно вычислить величину электрического поля в любой точке системы, следуя формулам в [4, 5].

Важной особенностью полученных результатов является свобода в выборе количества слоев NIM-системы, что значительно расширяет границы применимости данной модели при создании реальных объектов: от суперлинзы и системы суперлинз до многослойных NIM-покрытий. Рассмотрение более общего случая, т.е. NIM-системы со слоями различной толщины и заполненными различными материалами, представляется невыполнимой задачей в силу отсутствия зависимостей между слоями, которые могли бы упростить конечные выражения до приемлемых размеров. Аналогичными моделями, интересными для исследований, могут быть периодические NIM-системы, состоящие из нескольких различных чередующихся слоев. Конечные формулы для этих моделей будут физически понятны, и иметь компактный размер.

Литература

1. Веселаго В.Г. Электродинамика веществ с одновременно отрицательными значениями ϵ и μ // Успехи физических наук. – 1967. – № 92(3). – С. 517–526.
2. Pendry J.B. Negative Refraction Makes a Perfect Lens // Phys. Rev. Lett. – 2003. – № 85. – P. 3966.
3. Collin R.E. Frequency dispersion limits resolution in Veselago lens // PIER B. – 2010. – № 19. – P. 233.
4. Gralak B., Tip A. Macroscopic Maxwell's equations and negative index materials // Journal of mathematical physics. – 2010. – № 51. – С. 1–28.
5. Pravdin K.V., Popov I.Yu. Model of point source for layered metamaterials // Optica Pura y Aplicada. – 2015. – V. 48 – № 1. – P. 31–53.

УДК 004.934.1'1

ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕСИ ОБУЧАЮЩИХ РЕЧЕВЫХ КОРПУСОВ В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ СПОНТАННОЙ РЕЧИ

А.Н. Романенко

В работе рассмотрен низкокзатратный метод получения речевых корпусов для обучения акустических моделей в задаче распознавания спонтанной телефонной речи. Описаны приемы нормализации сырых данных с целью их дальнейшего использования при обучении. Приведены результаты экспериментов и получены выводы о возможности использования предложенного метода и дальнейшего направления исследований.

Ключевые слова: обучающие корпуса, распознавание речи, спонтанная речь.

Работа выполнена в рамках темы НИР № 713554 «Исследование методов и алгоритмов многомодальных биометрических и речевых систем».

Введение

Современная система распознавания речи состоит из нескольких базовых элементов. Одним из важнейших компонентов этой структуры является акустическая модель, содержащая представление знаний об акустической, фонетической, микрофонной изменчивости, различиях окружения, гендерной принадлежности и диалекта среди дикторов [1]. Существует множество методов обучения акустических моделей, но, как правило, все они требуют наличия достаточного количества обучающих речевых корпусов для достижения наилучшего качества распознавания. Получение обучающих речевых корпусов, особенно для задачи распознавания спонтанной речи в телефонном канале, является очень трудоемким и дорогостоящим процессом [2]. В настоящей работе была исследована возможность формирования

легкодоступных речевых корпусов и их дальнейшего использования для обучения акустических моделей в задаче распознавания спонтанной речи в телефонном канале.

Смесь обучающих корпусов

На сегодняшний день большинство средств массовой информации предоставляют своей аудитории доступ к ресурсам посредством сети Интернет, а именно размещая материалы передач на своих официальных сайтах. Учитывая специфику задачи распознавания спонтанной речи в телефонном канале, в качестве источника необработанных речевых корпусов был выбран ряд интерактивных радиопередач, в которых присутствовали звонки в студию.

Как правило, полученные фонограммы сопровождалась текстками весьма низкого качества, ввиду чего для использования речевого корпуса, в качестве обучающего, существовала необходимость проведения сегментации по опорным фрагментам.

Также для формирования обучающего корпуса необходимо было провести диаризацию (т.е. разделение дикторов) исходных фонограмм с целью определения фрагментов речи, прошедших через телефонный канал. Для решения задачи предобработки использовался следующий алгоритм:

1. получение сегментации фонограмм по опорным фрагментам исходных тексток;
2. вычисление позиции начала слова на основании полученной сегментации;
3. вычисление накопленного спектра на первом секундном фрагменте фонограммы с окном Хэмминга с 50% перекрытием;
4. вычисление коэффициента отношения мощности высокочастотной составляющей спектра, к его низкочастотной составляющей по формуле:

$$R = \log \sum_{i=0}^{ThLP} A_i - \log \sum_{j=ThLP+1}^{\max Freq} A_j,$$

где $ThLP$ – граничная частота, на основании которой составляется отношение, $\max Freq$ – это максимальная частота, $A_{i/j}$ – значение амплитуды i/j частотной компоненты;

5. принятие решения о принадлежности слова телефонному каналу на основании полученного коэффициента.

Как видно из рисунка, выбирая пороговое значение коэффициента отношения мощностей можно управлять объемом речевого материала, как принадлежащего телефонному каналу, так и являющегося речью дикторов в студии, попадающего в обучающий корпус. На рисунке точки, лежащие ниже $-1,5$, представляют слова, принадлежащие телефонному каналу. Благодаря ослаблению данного порогового значения можно добиться увеличения объема речевого материала в корпусе.

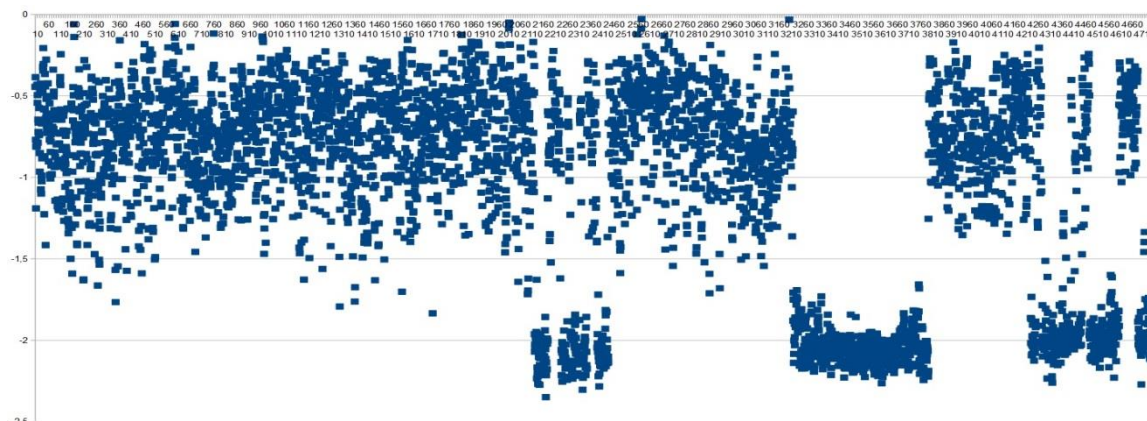


Рисунок. Коэффициент отношения мощностей

В результате обработки исходных фонограмм было получено два обучающих речевых корпуса:

- Train1 – 27 ч, включает только речь, прошедшую через телефонный канал;
- Train2 – 64 ч, включает как студийную, так и речь, прошедшую через телефонный канал.

Кроме того, для обучения эталонной акустической модели, был использован речевой корпус Spontaneous – 155 ч, только речь, прошедшая через телефонный канал.

Эксперимент

Для проведения экспериментов были отобраны 5 тестовых наборов:

1. OSF – разговоры в телефонном канале, 78 мин;
2. STC – разговоры в канале IP-телефонии, 30 мин;
3. UNV – разговоры в телефонном канале, 100 мин;
4. UNV2 – разговоры в телефонном канале, 40 мин;
5. VREZ – разговоры в телефонном канале (врезки в радио эфир), 50 мин.

Были обучены три трифонных акустических модели с применением LDA- и MLLT-преобразований. Результаты экспериментов приведены в таблице.

Таблица. Результаты экспериментов с различными речевыми корпусами

Тестовый набор	Эталон (155 ч)	Смесь (+27 ч)	Смесь (+64 ч)	Разница (+27 ч)	Разница (+64 ч)	Доверительный интервал
OSF	30,09	29,39	27,73	0,7	2,36	1,25
STC	47,14	47,14	45,21	0	1,93	1,88
UNV	30,50	31,49	31,17	-0,99	-0,67	0,78
UNV2	32,92	33,22	33,46	-0,3	-0,54	1,13
VREZ	30,76	32,63	33,80	-1,87	-3,04	1,08

Как видно из таблицы, добавление обучающего корпуса Train1 позволило получить прирост на двух тестовых наборах, и в то же время избежать падения качества распознавания на оставшихся трех. Добавление Train2 привело к падению качества на двух тестовых наборах.

Заключение

Добавление обучающего речевого корпуса Train1 объемом в ~17% от базового, позволило получить улучшение качества распознавания на ряде тестовых наборов. Как показали эксперименты, добавление обучающего корпуса Train2, содержащего речевой материал, не принадлежащий телефонному каналу, привело к значительному падению качества распознавания, следовательно, при формировании корпусов необходимо использовать только целевой речевой материал.

Для дальнейшего развития данного исследования необходимо формирование обучающих речевых корпусов большего объема, что позволит сделать более подкрепленные выводы о возможности их использования в задачах распознавания спонтанной речи в телефонном канале.

Литература

1. Huang X., Acero A. and Hon H.-W. Spoken Language Processing: A Guide to Theory, Algorithm and System Development. – Prentice Hall, 2001. – 965 p.
2. Lamel L., Gauvain J.L. and Adda G. Lightly supervised acoustic model training // Automatic Speech Recognition Workshop. 2000. – P. 150–154.

МОДЕЛЬ КОМПЬЮТЕРНОГО СИНТЕЗА КАЗАХСКОГО ЖЕСТОВОГО ЯЗЫКА

Д.А. Рюмин

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.А. Карпов

Рассмотрены актуальные вопросы разработки информационных технологий для визуализации казахского жестового языка. Рассмотрены важные особенности казахской разговорной речи и ее перевод на жестовый язык. Предложена модель компьютерного синтеза казахского жестового языка.

Ключевые слова: жесты, дактиль, дактилология, лексика, семантика, распознавание, разработка, визуализация.

Работа выполнена в рамках НИР по теме: «Автоматизированная система распознавания отдельных жестов рук с применением сенсора Kinect».

Введение

Основным способом межчеловеческого общения в среде глухих людей является национальный жестовый язык (ЖЯ), в котором каждому смысловому понятию (или группе синонимичных понятий) соответствует определенный уникальный жестовый эквивалент [1]. ЖЯ не является универсальным во всех странах мира, так как он возникает и развивается естественным путем в разных локальных сообществах и изменяется со временем с появлением новой лексики [2]. ЖЯ состоит из разных знаковых систем, совмещая в себе язык неслышающих людей и жесты, используемые в обществе в целом. Многие вопросы, связанные с использованием дактильной и жестовой речи, изучены пока недостаточно.

Жестовая речь

Жестовая речь глухих является не универсальной системой. Лингвистические исследования, широко развернувшиеся в наши дни во многих научных центрах Европы и Америки, показали, что жестовые языки глухих разных стран отличаются своеобразием лексики и грамматического строя. Не принимая во внимание национальных жестовых систем, существует международный ЖЯ, именуемый «жестуно». Это своего рода жестовый эсперанто (правда, в отличие от эсперанто для жестуно не создана собственная грамматика). Перед создателями жестуно стояла задача облегчить общение между глухими при проведении мероприятий, организуемых Всемирной федерацией глухих.

Несмотря на то, что в последнее время уделяется много внимания для улучшения жизни и быта инвалидов по слуху, им трудно жить в столь бурно развивающемся информационном обществе.

В целях повышения информативности сообщений и совершенствования словесной речи глухих, жестовая речь появилась на телеканалах с сурдопереводом содержания новостей, докладов, музыкальных конкурсов и др. телепередач.

Модель и архитектура компьютерного синтеза казахского жестового языка

Задачи преобразования естественного казахского языка (КЯ) в казахский жестовый язык (КЖЯ) позволит реализовать интеллектуальные системы, предназначенные для поддержки межчеловеческой и человеко-машинной коммуникации [3].

В естественных языках слово не является единственной единицей смысла. Кроме него также используется несколько уровней семантических единиц (уровни морфем, слов, словосочетаний, предложений и т.д.). Однако смысл единиц более приоритетного уровня не всегда возможно определить из смысла единиц более низких уровней (особенно яркое проявление осуществляется между морфемным и словарным уровнями). Отсюда следует, что в любой системе преобразовывающей КЯ в КЖЯ необходимо наличие модулей, способных производить анализ входных данных с использованием грамматических, морфологических, синтаксических и семантических особенностей КЯ. Изучив особенности и свойства естественного казахского языка и сопоставив его с жестовым языком казахов, была разработана модель компьютерного синтеза (МКС), представленная на рис. 1, включающая в себя анализ текста, синтез жестов и визуализацию жестов. Данная модель также содержит элементы базы знаний.



Рис. 1. Модель компьютерного синтеза КЖЯ

Входными данными для МКС является текст КЯ, который подвергается графематическому, морфологическому, синтаксическому и семантическому анализам [4]. Затем происходит деление проанализированного текста на семантические единицы КЖЯ. Заключительными этапами являются синтез и визуализация КЖЯ. Остановимся на каждом из этапов более подробно.

Графематический анализ (ГА) – начальный анализ КЯ. В результате данного анализа происходит разбиение входного параметра (текста) на лексемы с подробными характеристиками в виде обязательных дескрипторов, которые описаны в таблице.

Таблица. Графематические дескрипторы КЯ

Обозначение	Описание	Примеры
KLE	Казахская лексема, присваивается последовательностям, состоящим из алфавита КЯ	Мен (Я)
DEL	Разделитель	", * , ' , « , » , “ , ”
PUN	Знак препинания	., запятая, !, ?, :, ;
NUM	Последовательности, состоящие из цифр	123456
UND	Последовательности, не обладающие признаками, перечисленными выше	
OPN	Открывающая скобка	{, [, (
CPN	Закрывающая скобка	},],)
HPN	Дефис	–
SPC	Пробел	
aa	Последовательности, состоящие из символов нижнего регистра	ана (мама)

Обозначение	Описание	Примеры
Aa	Последовательности, состоящие из первого символа в верхнем регистре	Ана (Мама)
AA	Последовательности, состоящие из символов верхнего регистра	АНА (МАМА)
NAM?	Лексема, возможно, является частью имени собственного	

В КЯ применяется большое количество строго соблюдаемых грамматических правил. Лексемы подвергаются изменению при помощи присоединения к корню словообразующего суффикса, затем – словоизменяющих аффиксов [5], представленных на рис. 2.

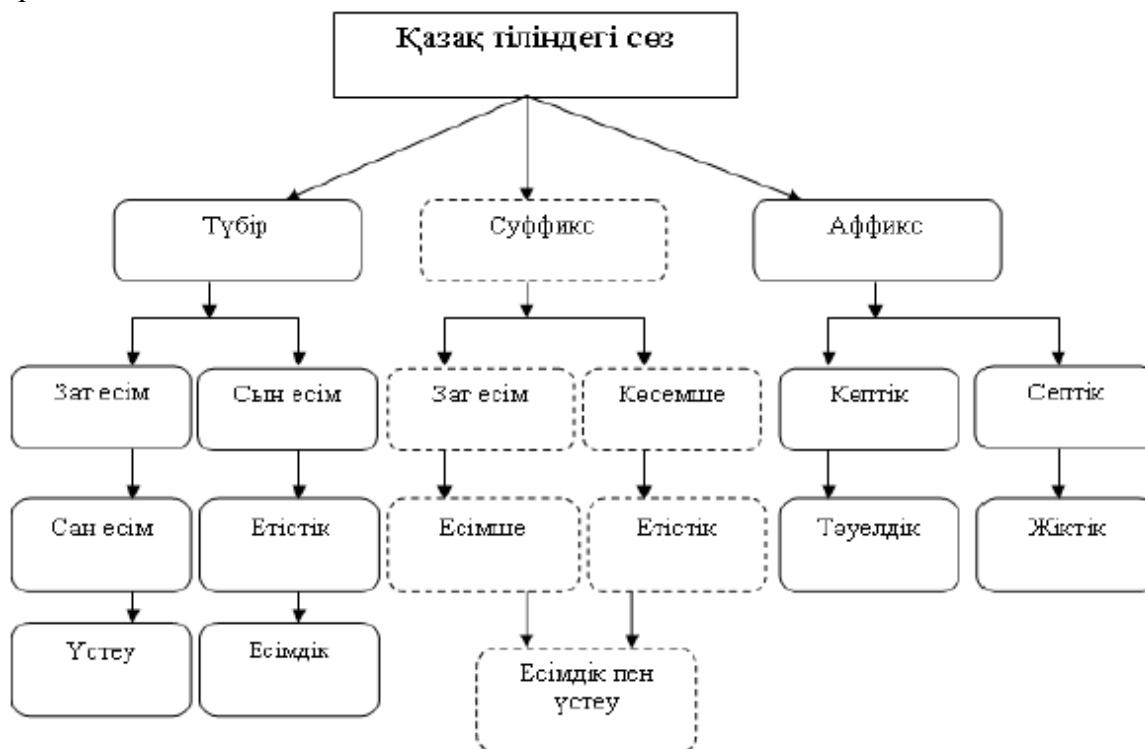


Рис. 2. Морфологическая структура лексем КЯ [5]

Морфологический анализ (МА) – принимает входным параметром строку ГА, с последующим разбиением лексем принятой строки на начальную форму, суффикс и аффиксы.

Синтаксический анализ (Сина) – процесс соотношения последовательности лексем казахского языка с его грамматикой. Задача Сина заключается в построении синтаксических деревьев-предложений на основе определения синтаксических ролей лексем в предложении (S) (подлежащее (P), сказуемое (SK), определение (OP), дополнение (D), обстоятельство (OB)) и определения характера синтаксической связи между лексемами [6], пример которого представлен на рис. 3.

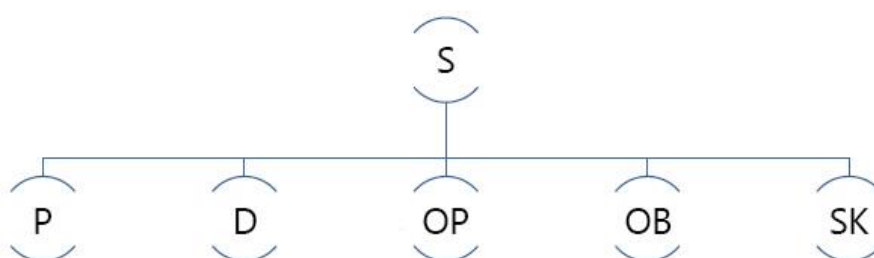


Рис. 3. Синтаксическое дерево КЯ

Семантический анализ (Сема) направлен на определение соотношения каждой лексемы с определенным классом [7]. Архитектура классов строится по признакам, предложенным в [8]. Например, класс \$12321 #> Существительные #> Поселения #> Постройки #> Жилье #> ДОМ или Класс \$1241301000 #> Существительные #> Живой #> Человек #> ФИО #> Имя.

Поскольку КЖЯ имеет большое количество устойчивых фразеологизмов, то этап деления текста на семантические единицы КЖЯ необходим для конвертации проанализированного текста в текст, отвечающем требованиям КЖЯ с последующим синтезом и визуализацией КЖЯ.

Заключение

Проблема доступа людей с ограниченными возможностями по слуху к информации в XXI веке по-прежнему является крайне актуальной. Текущий этап исследований позволил собрать словарь КЖЯ с наиболее часто употребляемыми словами, цифрами, дактильной азбукой, а также песнями, пословицами и сказками. Данные материалы необходимы для проведения дальнейших экспериментов при внедрении предложенной модели компьютерного синтеза КЖЯ в 3D-компьютерный синтезатор для казахского жестового языка [9], который разработан для проецирования трехмерной модели кисти руки человека на основе обработки словаря КЖЯ.

Литература

1. Карпов А.А., Кагиров И.А. Формализация лексикона системы компьютерного синтеза языка жестов // Труды СПИИРАН. – 2011. – №1(16). – С. 123–140.
2. Карпов А.А., Железны М. Двухязычная многомодальная система для аудиовизуального синтеза речи и жестового языка по тексту // Научно-технический вестник информационных технологий механики и оптики. – 2014. – № 5 (93). – С. 92–98.
3. Kudubayeva S., Yermagambetova G. Parametric representation of the kazakh gestural speech // 16th International Conference, SPECOM 2014, Novi Sad, Serbia. – 2014. – P. 337–344.
4. Farkhadov M.P., Kudubayeva S.A. Acoustic Simulator for the Hearing Impaired People // American International Journal of Contemporary Research. – 2013. – V. 3. – № 11. – P. 122–125.
5. Рахимова Д.Р. Исследование моделей и методов машинного перевода с русского языка на казахский язык: дис. ... докт. PhD: 6D060200. – КазНУ, 2014. – 135 с.
6. Мануева Ю.С. Построение системы компьютерного сурдоперевода русского языка // Труды СПИИРАН. – 2014. – № 6. – С. 176.
7. Сокирко А.В. Семантические словари в автоматической обработке текста (по материалам системы ДИАЛИНГ): дис. ... канд. тех. наук: 05.13.17. – РГГУ, 2001. – 120 с.
8. Тузов В.А. Компьютерная семантика русского языка: учебное пособие. – СПб.: СПбГУ, 2003. – 391 с.
9. Рюмин Д.А. 3D компьютерный синтезатор для казахского жестового языка // Сб. IV Всероссийского конгресса молодых ученых [Электронное издание]. – Режим доступа: http://kmu.ifmo.ru/collections_article/856/3D-kompyuternyy_sintezator_dlya_kazahskogo_zhestovogo_yazyka.htm, своб.

ЛАЗЕРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПЛОТНОСТЬЮ ПОРИСТЫХ СИЛИКАТНЫХ СТЕКОЛ ФЕМТОСЕКУНДНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ

М.М. Сергеев

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

Обнаружен эффект изменения оптических свойств пористого стекла, в частности, показателя преломления под действием фемтосекундных импульсов видимого излучения ($\lambda=515$ нм) с высокой частотой следования импульсов ($f=500$ кГц). Изменение оптических свойств связывается с изменением плотности пористого стекла в области перетяжки лазерного пучка. Определены режимы лазерного облучения, при которых реализуется как денсификация ПС, так и деградация структуры (разуплотнение) кремнеземного каркаса. Показана возможность формирования пустотелых каналов в пористом стекле в результате разрушения каркаса пористого стекла и оплавления внутренних стенок каналов.

Ключевые слова: фемтосекундное воздействие, пористое стекло, уплотнение структуры, деградация структуры.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 340689 (2014–2016 годы), гранта РФФИ 13-02-00971 и РФФИ 13-02-00033.

Введение

Локальное управление плотностью кремнеземного каркаса пористого стекла (ПС), в котором средний радиус пор варьируется от 10 до 2 нм, позволяет создавать различные 3D-микроструктуры сложного строения, различной формы и размеров, в том числе сложные асферические микрооптические фокусирующие и согласующие компоненты, мягкие диафрагмы и т.д. [1–4]. Лазерно-индуцированное изменение размера пор, вплоть до их полного смыкания, дает также возможность локально управлять адсорбционными свойствами в объеме ПС, а значит, и контролировать диффузионные процессы в разветвленной матрице ПС. Формирование 3D-микроструктур в виде областей термоуплотнения, с частичным или полным смыканием пор, а также локальной деградацией (разуплотнением) структуры вплоть до формирования каналов, позволило бы использовать структурированные пластины ПС в дальнейшем для импрегнирования их различными веществами, или, напротив, создавать пустотелые микроканалы определенной конфигурации и размеров. Обработанные таким образом пластины ПС могут в дальнейшем быть использованы в качестве основы при изготовлении всевозможных интегрированных микро- и наноустройств в фотонике и плазмонике, микрофлюидике и микропневмонике и т.д.

Процесс локального термоуплотнения ПС, впервые реализованный с использованием излучения CO₂-лазера, представляет собой управляемую денсификацию стекла в области воздействия [5]. Термоуплотнение ПС излучением CO₂-лазера осуществляется за счет интенсивного поглощения излучения с длиной волны 10,6 мкм на кремний-кислородных связях в матрице ПС. Поглощение излучения является причиной локального нагрева ПС в области воздействия до температур спекания ПС ($T\sim 700\text{--}1200^\circ\text{C}$), в результате которого происходит смыкание пор и усадка кремнеземного каркаса [5–7]. При этом показатель преломления мог быть существенно изменен в огромном для этой величины диапазоне от значений 1,22–1,33, характерного для ПС до 1,46, свойственного плавленому кварцу за счет изменения плотности вещества.

Существенно, что вследствие сильного поглощения излучения с этой длиной волны силикатной матрицей ПС, все указанные изменения происходят на поверхности или в приповерхностном слое вещества, толщина которого за счет теплового нагрева

достигает около 1–2 мм. При этом такт – как процесс – инициировался с поверхности, ни о каком истинно объемном формировании структур не могло быть и речи.

Ясно, что если говорить о создании объемных элементов внутри ПС, то для этой цели необходим лазерный источник света, который слабо поглощается в ПС при линейном поглощении, но способен при увеличении плотности мощности (плотности фотонов) вызывать нелинейные процессы, обеспечивающие достаточное поглощение в локальной зоне вблизи фокуса. Таким образом, будет обеспечена как надлежащая степень воздействия, так и его управляемость и локальность.

В представленной работе рассматриваются процессы локального изменения плотности и структуры вещества в объеме пластин ПС под действием серии фемтосекундных лазерных импульсов. Определены режимы лазерного облучения, а также пороговые значения интенсивности, при которых реализуется как термоуплотнение ПС, так и разуплотнение структуры кремнеземного каркаса. Показана возможность формирования пустотелых каналов в ПС в результате деградации каркаса ПС и оплавления внутренних стенок каналов за одно сканирование.

Эксперимент

В экспериментах использовались высококремнеземные ПС марки 8В-НТ следующего состава (мас.%): 94,73 SiO₂–4,97 В₂О₃–0,30 Na₂О с возможным присутствием следов (0,1 мас.%) Al₂О₃ в виде плоскопараллельных пластин, толщиной 1–1,1 мм [8, 9]. Средний радиус пор составлял ~2 нм, пористость ~0,26 см³/см³, а удельная поверхность пор ~210 м²/г. Используемые пластины ПС обладали высоким пропусканием в области видимого и ближнего инфракрасного диапазонов длин волн (0,2–2,5 мкм), и показателем преломления 1,342.

Лазерная обработка пластин ПС, закрепленных на 3-координатном шаговом столе, осуществлялась с помощью волоконного Yb-лазера с длительностью импульсов 300 фс, энергией в импульсе 4,45 мкДж, частотой следования импульсов 500 кГц и длиной волны 1030 нм. Облучение пластин ПС осуществлялось излучением второй гармоники ($\lambda=515$ нм) с максимальной энергией в импульсе 2,34 мкДж с различными скоростями перемещения образца. Излучение от лазера фокусировалось с помощью микробъектива с характеристиками $10\times$, NA 0,25 и $F=4,75\pm 0,25$ мм в объеме материала. В зависимости от режима лазерной обработки скорость перемещения образца варьировалась в диапазоне от 12,5 мм/с до 3,75 мм/с. Так, в режиме изменения плотности ПС образец перемещался со скоростями в диапазоне $v=0,125\text{--}3,75$ мм/с, а в режиме деградации структуры кремнеземного каркаса и формирования каналов с $v=0,0125\text{--}0,625$ мкм/с. Используемая оптическая система, а также энергия фемтосекундных импульсов ($E_p=1,5\text{--}2,34$ мкДж) обеспечивала в области перетяжки лазерного пучка интенсивность в диапазоне $7,96\cdot 10^{13}\text{--}1,24\cdot 10^{14}$ Вт/см². Величина нелинейного поглощения, оцененная по выражению из [4], в зависимости от энергии импульсов достигала значений $A_{nl}\approx 0,44\text{--}0,66$.

Обсуждение результатов

Результатом обработки пластин ПС фемтосекундными импульсами при перемещении образца с различными скоростями стало формирование линейных микроструктур. В зависимости от режима обработки были получены области, внешний вид которых свидетельствовал об изменении показателя преломления ПС в области перетяжки лазерного пучка без формирования микротрещин и других видимых разрушений (рис. 1, а, б). Причиной изменения показателя преломления, вероятнее всего, становилось изменение плотности ПС за счет спекания матрицы кремнеземного

каркаса вследствие термоуплотнения стекла в зоне фокусировки лазерного пучка [5]. Термоуплотнение инициировалось снижением вязкости силикатной матрицы при ее нагревании [10, 11] и ее последующем вязким течением под действием сил поверхностного натяжения.

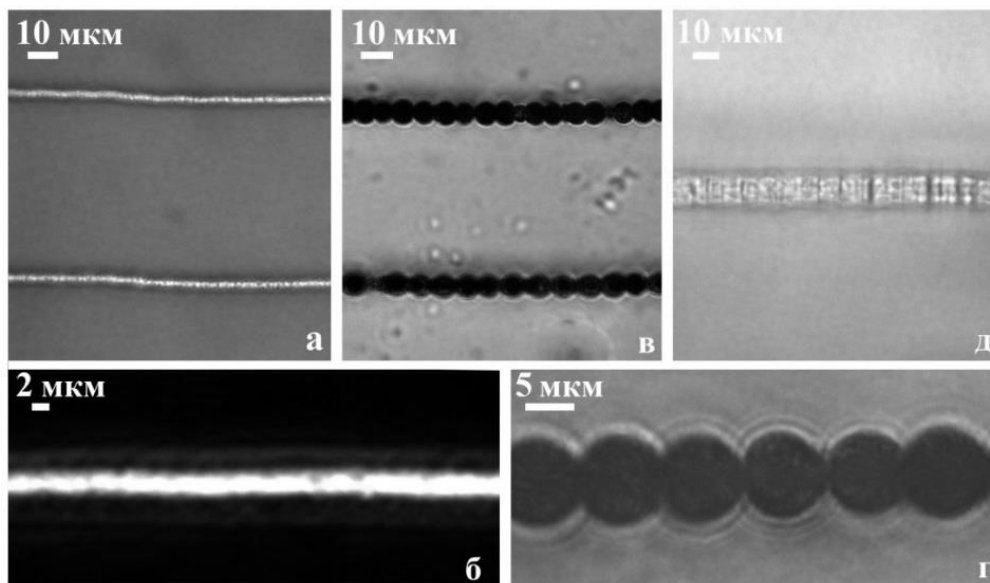


Рис. 1. Микрооптические фотографии: областей уплотнения в форме линии с диаметром поперечного сечения 3 мкм на глубине 500 мкм в объеме ПС в проходящем (а) и линейно-поляризованном (б) свете; область локальной деградации структуры ПС в проходящем (в) и линейно-поляризованном (г) свете; часть канала в объеме пластины ПС с диаметром 10 мкм (д)

Благодаря короткой длительности импульса эффект нагревания в таком режиме облучения не зависит от длительности воздействия, а определяется только теплофизическими свойствами материала, а также размерами и формой источника тепла. При этом время термического последствия оказывается значительно – на 3–5 порядков больше длительности лазерных импульсов [12, 13]. Оценки [12, 13] показывают, что температура P_G на расстоянии r от центра источника тепла после действия одного импульса с энергией в диапазоне 1,5–2,5 мкДж может достигать значений 1150–3200°C. Максимальная же величина температуры в центре источника тепла может достигать значений 3300–7820°C.

Радиус поперечного сечения области модификации можно оценить с учетом теплового действия точечного источника в виде лазерно-индуцированной плазмы на материал с температуропроводностью D , существующего в течении времени t_L как

$$r \approx r_0 + \sqrt{Dt_L} \text{ при } t_L > 1/f, \quad (1)$$

где r_0 – радиус светового пятна в фокусе (перетяжке) пучка, а $\sqrt{Dt_L}$ – длина теплопроводности в пористом стекле.

При значении $D \approx 0,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, соответствующей пластине ПС, размер области модификации равен $2r \approx 6,3 \text{ мкм}$. Экспериментально было обнаружено, что формирование областей термоуплотнения в виде линий осуществлялось при перемещении пластины ПС со скоростями от 0,125 до 3,75 мм/с (рис. 1, а, б). При этом энергия импульсов E_p лежала в диапазоне от 1,5 до 2 мкДж, а общая энергия E_{av} от серии импульсов, поглощаемых в области размягчения стекла d , достигала значений 0,18–7,2 мДж и определялась выражением

$$E_{av} = E_p N = E_p \frac{df}{v}, \quad (2)$$

где N – количество импульсов, приходящих в область с размером d (рис. 2). От количества импульсов зависело усредненное по времени значение температуры ПС в области перетяжки лазерного пучка, накапливаемое за серию поглощенных импульсов. Исходя из этого, для термоуплотнения кремнеземной матрицы необходимо было обеспечить нагревание ПС в диапазоне температур, который ограничен температурой размягчения 1500°C и температурой кипения 2200°C . Уплотнение структуры в объеме ПС сопровождалось изменением показателя преломления в области воздействия. Размер области модификации ПС для указанного диапазона температур, оцененный по выражению (1) и выражениям из [14], находится в диапазоне значений $2r \approx 3,2\text{--}5,6$ мкм, что соответствует экспериментальным данным.

Чтобы исключить возможность деградации структуры ПС в режиме термоуплотнения использовались импульсы с меньшей энергией, что позволило уменьшить размер нагретой области, ограниченной перетяжкой пучка. При этом для достижения необходимой температуры в области воздействия использовались скорости сканирования, обеспечивающие плавный нагрев ПС серией импульсов (рис. 2). Увеличение количества импульсов при снижении скорости сканирования до $0,125\text{--}0,375$ мм/с приводило к частичной деградации структуры ПС, предположительно, в местах существования неоднородностей структуры кремнеземного каркаса. При той же энергии импульсов E_p $1,5\text{--}2$ мкДж значение общей энергии E_{av} составляла $9\text{--}36$ мДж. Повышение E_{av} до значений $7,92\text{--}58,1$ мДж при сканировании с меньшими скоростями в диапазоне $0,05\text{--}1,25$ мм/с приводило к деградации структуры кремнеземного каркаса ПС на всем протяжении сканирования и формированию областей, сильно рассеивающих падающее излучение (рис. 2). Внешний вид структуры областей разуплотнения указывает на перегрев матрицы ПС лазерно-индуцированной плазмой, расширение которой за пределы зоны облучения приводит к формированию линии, состоящей из сферических областей (рис. 1, в, г). Число импульсов в режиме деградации ПС достигает значений $20\text{--}80$ тысяч.

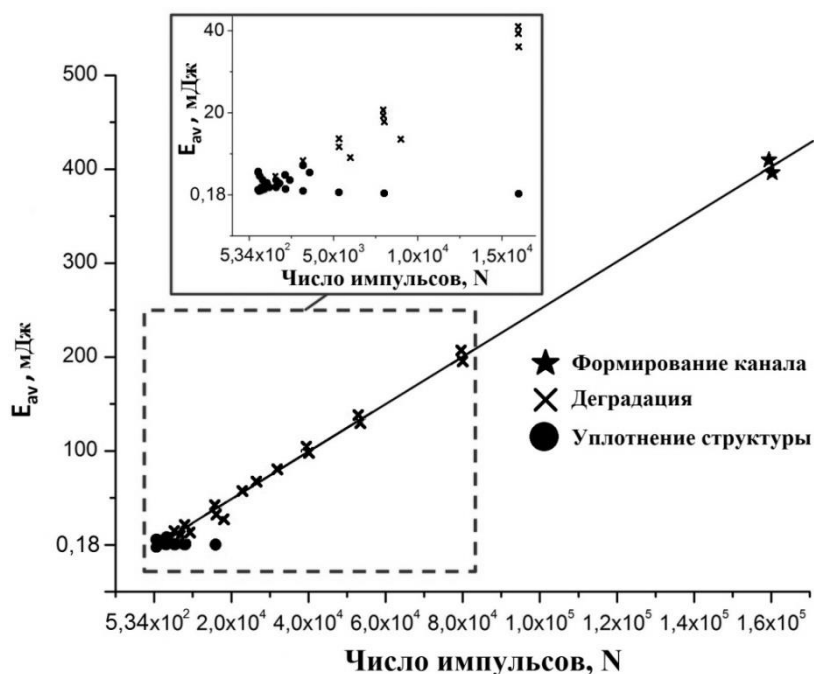


Рис. 2. Режимы формирования микроструктур в объеме ПС фемтосекундными импульсами в зависимости от общей энергии серии импульсов и их числа

Повышение энергии импульсов до $2,34$ мкДж и снижение скорости сканирования до $25\text{--}75$ мкм/с позволило достигнуть диапазона значений E_{av} $67,8\text{--}203,4$ мДж. В этом режиме облучения происходило частичное удаление продуктов деградации из

центральной части области воздействия излучением к ее краям и оплавлению стенок создаваемых микропустот. Число импульсов, приходящихся в область перетяжки пучка, при этом достигало значений 100 тысяч и более. При дальнейшем снижении скорости сканирования до 12,5 мкм/с удалось осуществить формирование каналов с оплавлением внутренних стенок (рис. 1, д). Общая энергия в режиме формирования микроканалов за одно сканирование достигала значений 396–407 мДж (рис. 2). Число импульсов в режиме формирования каналов лежало в диапазоне от 150 до 170 тысяч. Такое большое количество импульсов приводило к значительному нагреванию и расширению лазерно-индуцированной плазмы, которая производила избыточное давление на стенки необлученного ПС. При этом размер каналов оказывался значительно больше линий термоуплотнения ПС, формируемых при той же энергии импульсов. Так, диаметр поперечного сечения канала увеличивался в среднем в 5 раз (с 3 до 15 мкм). Материал, удаленный из центральной части зоны облучения, мог осаждаться только на стенки формируемого канала, уплотняя при этом структуру ПС. По-видимому, плотность стенок каналов в объеме ПС соответствует плотности плавленного кварца.

Заключение

В результате проведенных исследований осуществлена локальная модификация плотности в объеме пластин высококремнеземных ПС фемтосекундными импульсами лазерного излучения. В зависимости от режима облучения получены области термоуплотнения кремнеземной структуры ПС, проявляющиеся изменением показателя преломления, и разуплотнения ПС в области воздействия излучением, а также формированием каналов с оплавлением их внутренних стенок за одно сканирование. Определены оптимальные режимы обработки ПС для каждого отдельного случая, а также изучены особенности формирования микроструктур в объеме ПС в зависимости от энергии в импульсе и числа импульсов в области обработки. Режим многоимпульсной обработки ПС, обеспечивающий эффект накопления тепла в области воздействия, реализован за счет процесса лазерного размягчения стекла, реализуемого за счет относительно большого времени термического последствия сверхкоротких лазерных импульсов.

Литература

1. Kostyuk G., Sergeev M., Yakovlev E. Formation of modified areas of porous glass saturated with glycerin under the action of laser radiation // *Glass Physics and Chemistry*. – 2013. – V. 39. – № 5. – P. 480–489.
2. Zakoldaev R.A., Sergeev M.M., Kostyuk G.K. Forming micro-optical elements of extended form in the bulk of porous glass plates sodden with glycerol water solution under the laser irradiation // *Proceedings of SPIE*. – 2013. – V. 9065. – P. 90650P–90650P-6.
3. Liao Y., Cheng Y. Femtosecond Laser 3D Fabrication in Porous Glass for Micro-and Nanofluidic Applications // *Micromachines*. – 2014. – V. 5. – № 4. – P. 1106–1134.
4. Veiko V., Sergeev M., Kostyuk G. 3D Laser Structure Modification of Photochromic Nanocomposites Based on Porous Glass // *Journal of Laser Micro Nanoengineering*. – 2015. – V. 10. – № 1. – P. 20–23.
5. Petrov D., Dyukareva A., Antropova T., Veiko V., Kostyuk G., Yakovlev E. Surface sintering of porous glass plates under laser radiation // *Glass physics and chemistry*. – 2003. – V. 29. – № 5. – P. 456–460.

6. Antropova T., Petrov D., Yakovlev E. Porous glasses as basic matrixes of micro-optical devices: effect of composition and leaching conditions of the initial phase separated glass // *Physics and Chemistry of Glasses-European Journal of Glass Science and Technology Part B.* – 2007. – V. 48. – № 5. – P. 324–327.
7. Antropova T., Veiko V., Kostyuk G., Girsova M., Anfimova I., Chuiko V., Yakovlev E. Peculiarities of the formation of planar micro-optic elements on porous glass substrates under the effect of laser radiation followed by sintering // *Glass Physics and Chemistry.* – 2012. – V. 38. – № 6. – P. 478–490.
8. Antropova T.V., Drozdova I.A., Vasilevskaya T.N., Volkova A.V., Ermakova L.E., Sidorova M.P. Structural transformations in thermally modified porous glasses // *Glass Physics and Chemistry.* – 2007. – V. 33. – № 2. – P. 109–121.
9. Antropova T. Morphology of the porous glasses. Colloid-Chemical Aspect // *Opt Appl.* – 2008. – V. 38. – P. 5–16.
10. Miyamoto I., Cvecek K., Schmidt M. Evaluation of nonlinear absorptivity in internal modification of bulk glass by ultrashort laser pulses // *Optics express.* – 2011. – V. 19. – № 11. – P. 10714–10727.
11. Streltsov A.M., Borrelli N.F. Study of femtosecond-laser-written waveguides in glasses // *JOSA B.* – 2002. – V. 19. – № 10. – P. 2496–2504.
12. Miyamoto I., Horn A., Gottmann J., Wortmann D., Yoshino F. Fusion welding of glass using femtosecond laser pulses with high-repetition rates // *JLMN-Journal of Laser Micro/Nanoengineering.* – 2007. – V. 2. – № 1. – P. 57–63.
13. Miyamoto I., Cvecek K., Okamoto Y., Schmidt M. Internal modification of glass by ultrashort laser pulse and its application to microwelding // *Applied Physics A.* – 2014. – V. 114. – № 1. – P. 187–208.
14. Veiko V.P., Shakhno E.A., Yakovlev E.B. Effective time of thermal effect of ultrashort laser pulses on dielectrics // *Quantum Electronics.* – 2014. – V. 44. – № 4. – P. 322–324.

УДК 331.44: 519.2:62.50

КОНЕЧНЫЕ ЦЕПИ МАРКОВА В МОДЕЛЬНОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

М.В. Сержантова

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.В. Ушаков

Рассмотрена возможность использования аппарата конечных цепей Маркова для моделирования деятельности человека-оператора в квазистатической функциональной среде, стохастическая природа которой порождается фактором интервальности свойств человека-оператора. Задача решена в классе регулярных марковских цепей с тремя состояниями человека-оператора: с благоприятным, медианным и неблагоприятным сочетанием значений параметров модели человека-оператора. Приводится иллюстративный пример.

Ключевые слова: человек-оператор, конечные цепи Маркова, оценка показателей деятельности ЧО и временных затрат, вектор финальных вероятностей.

Введение

Мотивацией обращения к проблеме являются результаты авторов [1–5] по формированию банка модельных представлений деятельности человека-оператора (ЧО) в квазистатической функциональной среде, объединяющими концепциями которых являются интервальность параметров показателей человека-оператора и аддитивность, позволяющая представить процесс уставания человека. Принципиальное различие состоит в том, что в зависимости от задачи

моделирования использованы различного типа сложности аппроксиманты [3] кривых [6] изменения производительности труда в течение рабочей смены. Стохастическая природа свойств человека-оператора, задействованного в квазистатической функциональной среде, приводит к исследованию возможности использования аппарата конечных цепей Маркова с тремя состояниями, которые порождаются благоприятным, медианными и неблагоприятным сочетанием значений параметров человека-оператора. Задача решается в классе регулярных марковских цепей, основной характеристикой которой является вектор финальных вероятностей, значение которого связывается с индивидуальным установившемся режимом функциональной деятельности человека-оператора. В работе решены задачи: получения аналитического представления компонентов вектора финальных вероятностей; использования его численной реализации для оценки результатов функциональной деятельности ЧО и разработка рекомендаций по управлению параметрами конечной цепи Маркова в виде вероятностей переходов с целью достижения доминирования в векторе финальных вероятностей составляющей, определяющей вероятность пребывания в состоянии с благоприятным сочетанием параметров ЧО.

Регулярная цепь Маркова в задаче моделирования деятельности человека-оператора

Предпочтение данной модели другим, которые построены авторами [2, 5] за время изучения деятельности ЧО в квазистатической функциональной среде, аргументировано тем, что при интервализации параметры данной модели максимально приближены к процедуре интервализации графической модели производительности деятельности ЧО в квазистатической функциональной среде, представленной на рис. 1, которую предлагают специалисты по эргономике [6].

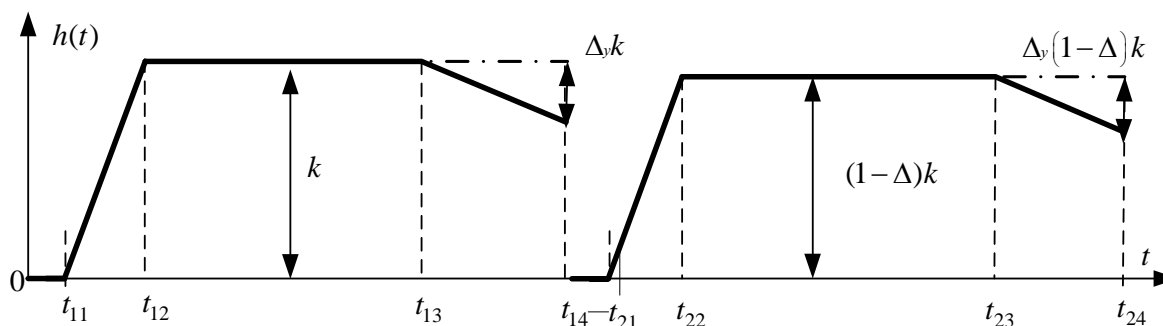


Рис. 1. Графическая модель: «0» – старт рабочей смены человека-оператора; « t_{11} » – реальное начало трудовой деятельности человека-оператора, с переводом в рабочее состояние функциональных мощностей; « t_{12} » – достижение медианной номинальной производительности k труда; « t_{13} » – старт процесса уставания; « t_{14} » – точка критической усталости, совпадающая с окончанием первой полусмены, во второй полусмене процессы повторяются с точностью до замены первого индекса с «1» на «2»

В табл. 1 приведены результаты оценки деятельности ЧО при трех возможных его состояниях (S_1, S_2, S_3), порождаемых тремя реализациями интервальных значений параметров, основным показателем которых принята выработка $y(t)$, равная условной единице сменного задания за восьмичасовую рабочую смену.

Таблица 1. Возможные состояния человека-оператора (ЧО)

Состояния ЧО	Сочетание параметров модели ЧО	k	t_{11}	t_{12}	t_{13}	t_{21}	t_{22}	t_{23}	$y(t)$
S1	неблагоприятное	0,13	0,22	0,605	2,7	4,22	4,605	6,7	0,8752
S2	медианное	0,15	0,2	0,55	3,0	4,2	4,55	7,0	1
S3	благоприятное	0,16	0,18	0,495	3,3	4,18	4,495	7,3	1,126

Граф дискретной регулярной конечной цепи Маркова (КЦМ) [7, 8] с тремя состояниями приведен на рис. 2.

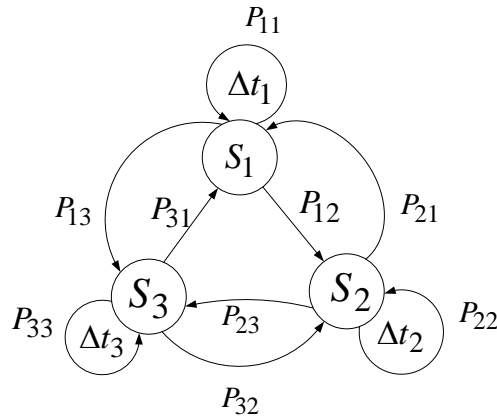


Рис. 2. Граф регулярной конечной цепи Маркова для случая $n=3$

На рис. 2: $S = \{S_1, S_2, S_3\}$ – множество состояний КЦМ; $P = \{P_1, P_2, P_3\}$ – множество вероятностей пребывания КЦМ возможных состояний, обладающее стохастическим свойством

$$\sum_{i=1}^3 P_i = P_1 + P_2 + P_3 = 1. \quad (1)$$

$T = \{T_1, T_2, T_3\}$ – множество продолжительностей времен пребывания КЦМ в каждом из состояний; $\{P_{ij}; i, j = \overline{1, 3}\}$ – множество вероятностей перехода из состояния S_i в состояние S_j .

На основании графа рис. 2 можно записать рекуррентное представление в компактной форме

$$P(m+1) = P(m)\Pi, P(0), \quad (2)$$

где $P(0) = [P_1(0) \ P_2(0) \ P_3(0)]$ – вектор-строка вероятностей пребывания КЦМ в начальном состоянии; $P(m) = [P_1(m) \ P_2(m) \ P_3(m)]$ – вектор-строка вероятностей пребывания КЦМ в исходном (предыдущем) состоянии; $P(m+1) = [P_1(m+1) \ P_2(m+1) \ P_3(m+1)]$ – вектор-строка вероятностей пребывания КЦМ в состоянии перехода (последующем); Π – матрица переходных вероятностей.

При любых начальных значениях вектора-строки $P(0)$ вектор финальных вероятностей P_f , определяемый соотношением

$$P_f = \lim_{k \rightarrow \infty} P(m) = \lim_{k \rightarrow \infty} P\{m, \forall P(0)\}, \quad (3)$$

является левым собственным вектором матрицы переходных вероятностей Π , соответствующим единичному собственному значению $\lambda = 1$ так, что выполняется векторно-матричное равенство

$$P_f \Pi = \lambda P_f \Big|_{\lambda=1} = P_f, \quad \sum_{i=1}^3 P_{fi} = P_{f1} + P_{f2} + P_{f3} = 1. \quad (4)$$

Совместное решение уравнений (4) позволяет для вектора финальных вероятностей регулярной КЦМ, представленной графом на рис. 2, записать

$$\begin{aligned} [P_{f1} \ P_{f2} \ P_{f3}] = & \left[\begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} P_{22}P_{33} - (1+P_{23})(1+P_{32}) - \\ - P_{33}(1+P_{21}) + (1+P_{23})(1+P_{31}) + \\ + (1+P_{21})(1+P_{32}) - P_{22}(1+P_{31}) \end{array} \right\} \\ \left\{ \begin{array}{l} (1+P_{13})(1+P_{32}) - (1+P_{12})P_{33} + \\ + P_{11}P_{33} - (1+P_{13})(1+P_{31}) + \\ + (1+P_{12})(1+P_{31}) - P_{11}(1+P_{32}) \end{array} \right\} \\ \left\{ \begin{array}{l} (1+P_{12})(1+P_{23}) - (1+P_{13})P_{22} + \\ + (1+P_{13})(1+P_{21}) - P_{11}(1+P_{23}) + \\ + P_{11}P_{22} - (1+P_{12})(1+P_{21}) \end{array} \right\} \end{array} \right] \cdot (5) \\ = & \frac{\left[\begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} P_{22}P_{33} - (1+P_{23})(1+P_{32}) - \\ - P_{33}(1+P_{21}) + (1+P_{23})(1+P_{31}) + \\ + (1+P_{21})(1+P_{32}) - P_{22}(1+P_{31}) \end{array} \right\} \\ \left\{ \begin{array}{l} (1+P_{13})(1+P_{32}) - (1+P_{12})P_{33} + \\ + P_{11}P_{33} - (1+P_{13})(1+P_{31}) + \\ + (1+P_{12})(1+P_{31}) - P_{11}(1+P_{32}) \end{array} \right\} \\ \left\{ \begin{array}{l} (1+P_{12})(1+P_{23}) - (1+P_{13})P_{22} + \\ + (1+P_{13})(1+P_{21}) - P_{11}(1+P_{23}) + \\ + P_{11}P_{22} - (1+P_{12})(1+P_{21}) \end{array} \right\} \end{array} \right]}{P_{11}(P_{22}P_{33} - (1+P_{23})(1+P_{32}) - (1+P_{12})(1+P_{21})P_{33} - (1+P_{23})(1+P_{31})) + (1+P_{13})(1+P_{21})(1+P_{32}) - P_{22}(1+P_{31})} \end{aligned}$$

Выражение $P(m) = P(0)\Pi^m$ при предельном по m переходе $m \rightarrow \infty$ вырождается в соотношение

$$P_f = P(0) \cdot \left\{ \Pi^\infty = \text{col} \left[\left(\Pi^\infty \right)^i = P_f; i = \overline{1, n} \right] \right\}, \quad (6)$$

его доказательство строится на использовании стохастического свойства вектора начальных вероятностей $P(0)$ и того факта, что конечная регулярная цепь Маркова сходится к фиксированному вектору финальных вероятностей P_f при любых векторах начальных вероятностей. Действительно, если в выражении (6) произвести формирование вектора финальных вероятностей P_f покомпонентным перемножением элементов его правой части, то получим

$$P_f = \sum_{i=1}^n P_i(0) \left(\Pi^\infty \right)^i, \quad \forall P_i(0) \ \& \ \sum_{i=1}^n P_i(0) = 1. \quad (7)$$

Из (7) видно, что их совместное выполнение возможно только при условии

$$\left(\Pi^\infty \right)^i = P_f; \quad (i = \overline{1, n}). \quad (8)$$

Вычисление вектора финальных вероятностей применительно к задачам исследования деятельности ЧО с использованием аппарата марковских цепей с помощью соотношения (8) предпочтительнее соотношения (4), что связано тем, что программные оболочки, сориентированные на решение линейных алгебраических матричных задач, осуществляют поиск собственных векторов матриц без учета требования положительности значений элементов этого вектора и без учета единичной стохастической нормировки его как вектора вероятностей. Это обстоятельство делает неизбежным использование дополнительных процедур с целью придания полученному собственному вектору свойств вектора вероятностей. С вектором финальных вероятностей будем связывать установившейся режим трудовой деятельности ЧО в квазистатической функциональной среде, что позволяет решить несколько задач. Первая – это оценка деятельности ЧО применительно к его выработке за восьмичасовую рабочую смену. Так, если известны: $y_1(8), y_2(8), y_3(8)$ – значения выработки человека-оператора за восьмичасовую рабочую смену в случае пребывания его в состояниях соответственно S_1, S_2 и S_3 ; модель деятельности ЧО в форме регулярной цепи Маркова с матрицей переходных вероятностей Π , характеризующаяся вектором финальных вероятностей $P_f, (i = \overline{1, n})$, то может быть сформирована состоятельная оценка его трудовых показателей в форме выработки $y_\Sigma(8)$ за рабочую смену

$$y_\Sigma(8) = \sum_{i=1}^{n=3} P_{if} y_i(8). \quad (9)$$

Вторая задача – оценка временных затрат m_f , требуемых для перехода ЧО из исходного в заданное функциональное состояние с заданным уровнем производительности, которая решается на основе информации о распределении вероятностей пребывания в состояниях. В математической постановке задача формулируется как отыскание $m = m_f$, удовлетворяющее условию:

$$m_f = \arg \left\{ P(0)\pi^m - P_f \right\} \leq \delta \ \& \ y_{\Sigma}(8) = \sum_{i=1}^{n=3} P_{if} y_i(8) \geq 1. \quad (10)$$

Пусть деятельность человека-оператора занятого описывается регулярной конечной цепью Маркова вида (2) с начальным распределением $P(0)$ вероятностей ее пребывания в состояниях. Пусть КЦМ вида (2) с матрицей Π переходных вероятностей обладает: алгебраическим спектром собственных значений $\text{eig} \{ \Pi \} = \{ \lambda_1 = 1; \lambda_i = \arg \{ \det(\lambda I - \Pi) = 0; i = \overline{2, n}; \} \}$; геометрическим спектром собственных векторов $\{ \xi_i = \arg \{ \lambda_i \xi_i = \xi_i \Pi; i = \overline{2, n}; \} \}$; вектором P_f финальных вероятностей. Тогда значение $m = m_f$, удовлетворяющее условию

$$m_f = \arg \left\{ \left\| P_{m_f} - P_f \right\| \leq \delta_f \right\} \quad (11)$$

зафиксированное на уровне относительной невязки

$$\delta_f = \frac{\|P(m_f) - P_f\|}{\|P_f\|} \Big|_{\|P_f\|=1} = \|P(m_f) - P_f\| \quad (12)$$

текущего значения вектора $P(m)$ вероятностей пребывания КЦМ в состояниях и вектора P_f финальных вероятностей определится выражением

$$m_f = \arg \left\{ \max_i \|\gamma_i \xi_i\| \right\} \left\{ \max_i |\lambda_i| \right\}^{m_f} \leq \delta_f. \quad (13)$$

Иллюстративный пример

Рассмотрим три варианта ЧО, функциональная деятельность которого описывается конечной регулярной цепью Маркова с графом вида рис. 2, где наглядно отслеживается взаимосвязь вектора финальных вероятностей с индивидуальным установившемся режимом. Варианты человека-оператора характеризуется матрицей переходных вероятностей:

$$\Pi 1 = \begin{bmatrix} 0,8 & 0,18 & 0,02 \\ 0,05 & 0,8 & 0,15 \\ 0,02 & 0,85 & 0,13 \end{bmatrix}; \Pi 2 = \begin{bmatrix} 0,4 & 0,58 & 0,02 \\ 0,05 & 0,8 & 0,15 \\ 0,02 & 0,85 & 0,13 \end{bmatrix}; \Pi 3 = \begin{bmatrix} 0,2 & 0,78 & 0,02 \\ 0,05 & 0,8 & 0,15 \\ 0,02 & 0,15 & 0,83 \end{bmatrix} \quad (14)$$

и вектором финальных вероятностей $P_{1f} = [0,1852 \ 0,6914 \ 0,1235]$;

$P_{2f} = [0,0706 \ 0,7914 \ 0,1381]$; $P_{3f} = [0,0429 \ 0,5058 \ 0,4513]$. Сформируем оценку

трудовых показателей (9): $y_{1\Sigma}(8) = 0,9925$, $y_{2\Sigma}(8) = 1,0087$, $y_{3\Sigma}(8) = 1,0515$.

Модификация матриц переходных вероятностей состояла в том, что уменьшалась вероятность перехода из первого состояния в него же, т.е. уменьшалась вероятность пребывания в неблагоприятном состоянии и увеличение вероятности перехода из третьего в третье, т.е. пребывание в наиболее благоприятном состоянии. Сравнение значений сменных выработок ЧО показывает, что предложенная модификация матриц переходных

вероятностей оказалась позитивной. Наибольшая выработка $y_{\Sigma}(8)$ имеет место в третьем варианте ЧО, характеризующемся матрицей переходных вероятностей ПЗ.

Таблица 2. Зависимость выработки от параметров матрицы П, оценка временных затрат

П	$ \lambda_2 $	m_f	$y_{\Sigma}(8)$
П1	0,755	14	0,9925
П2	0,3603	4	1,0087
ПЗ	0,6873	11	1,0515

Специалистам по организации трудовой деятельности человека-оператора можно рекомендовать к использованию обнаруженную модификационную тенденцию при работе по усовершенствованию организации производства и тренинга персонала.

Заключение

Аппарат конечных цепей Маркова в задаче модельного представления деятельности человека-оператора оказался достаточно конструктивным при оценке результатов его трудовой деятельности за рабочую смену и оценки временных затрат его выхода на индивидуальный уровень предельно достижимой производительности.

Литература

1. Дударенко Н.А., Полякова М.В., Ушаков А.В. Формирование интервальных векторно-матричных модельных представлений антропокомпонентов-операторов в составе сложных динамических систем // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2010. – №6 (70). – С. 32–36.
2. Дударенко Н.А., Сержантова (Полякова) М.В., Ушаков А.В. Представление производственной деятельности антропокомпонента-оператора непрерывной динамической моделью с интервальными параметрами // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2012. – № 5. С. 36–43.
3. Дударенко Н.А., Полинова Н.А., Сержантова М.В., Ушаков А.В. Кратные биномиальные структуры в задаче аппроксимации динамических цепей, содержащих звено чистого запаздывания // Изв. вузов. Приборостроение. – 2014. – Т. 57. – №7. – С. 1–17.
4. Сержантова М.В., Ушаков А.В. Интервальная аддитивная кусочно-полиномиальная временная модель деятельности человека-оператора в квазистатической функциональной среде // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. – Т. 15. – №2. – С. 329–337.
5. Сержантова М.В., Ушаков А.В. Рекреативный интервал в проблеме управления производительностью деятельности антропокомпонента-оператора в квазистатической функциональной среде // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2015. – Т. 16. №4. – С. 262–267.
6. Шипилов А.И., Шипилова О.А. Высокая работоспособность персонала – забота кадровика // Кадры предприятия. – 2003. – № 3. – С. 7–15.
7. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. Под редакцией А.А. Первозванского. – М.: Наука. Главная редакция Физико-математической литературы, 1965. – 460 с.
8. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. – 5-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 560 с.

**КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ
СОВРЕМЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА****Л.В. Силакова****Научный руководитель – д.э.н., профессор Г.П. Петропавлова**

В работе представлен анализ проблем и современных тенденций коммерциализации результатов инновационной деятельности университета. Выделяются и анализируются основные причины недостаточной эффективности инновационной активности, такие как снижение темпов прироста числа создаваемых малых инновационных предприятий на базе университета, низкая доля заказов инновационных разработок со стороны промышленности и бизнес-структур, неразвитость правовой сферы по защите интеллектуальной собственности, низкая доля самофинансирования инновационной деятельности со стороны университета и др. На основе анализа существующих форм и способов финансирования и коммерциализации инновационных проектов выделяются такие недостаточно активно используемые формы, как фандрайзинг, краудфандинг и селенг. Предлагается их применение в практике проектной деятельности университета.

Ключевые слова: коммерциализация инноваций, механизм интеграции науки и бизнеса, университет, третья миссия университета, селенг, фандрайзинг, краудфандинг.

Развитие экономики знаний является важнейшим условием роста конкурентоспособности России на мировой арене. Это предполагает повышение роли информации, знания и человеческого капитала в системе основных факторов производства (труд, земля и капитал) [1, С. 277]. Для нашей страны это направление экономической модели развития безальтернативно, поскольку при обладании 20% мировых ресурсов Россия в 2011–2012 гг. произвела около 3% мирового ВВП, а доля на мировом инновационном рынке в 2009–2012 гг. составила примерно 0,1–0,2% (хотя в 2000 году доля достигала почти 2,0%). Низка результативность и государственного регулирования в направлении формирования региональных инновационных систем. Так, к 2012 г. число инновационных регионов не превысило 50% от общего количества субъектов РФ [2, С. 35].

Система образования, и университет, в частности, призваны играть одну из ключевых ролей в формировании не только кадрового потенциала страны, но и в формировании инновационной среды, способствующей генерации инновационных разработок и их внедрения в практику. В связи с этим важнейшим условием проводимых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) должна быть их окупаемость и достаточная эффективность, способная обеспечивать стабильную работу дальнейших научных исследований и проводимой преподавательской деятельности университета. Это значит, что создаваемый продукт интеллектуального труда должен быть оценен рынком и быть им потреблен. В современном глобальном мире на рынке интеллектуальной собственности существует большой объем предложения, поэтому достаточно остро стоит проблема коммерциализации результатов инновационной деятельности (РИД) университета. Результат этой работы оказывает прямое влияние на величину доходов университета, а, значит, и на перспективы его развития.

Целью работы являлся критический обзор инструментов, форм и методов финансирования и коммерциализации результатов инновационной деятельности российских университетов.

Предметом исследования стала система отношений, возникающая при продвижении инновации на рынок. Объектом исследования выступает современный университет. В ходе исследования использовались методы сравнения, обобщения и систематизации, группировки и графический метод.

Современная система образования России претерпевает серьезные преобразования. Университеты все больше должны выполнять роль генератора инновационных идей и научных разработок, получающих внедрение в деятельность бизнес-структур и повседневную жизнь общества. Эти результаты НИОКР призваны способствовать росту качества труда и жизни граждан общества. Для этого должны быть созданы необходимые условия (законодательное и ресурсное, в том числе и финансирование).

В российской практике исторически сложилась такая ситуация, что государство играет определяющую роль в формировании заказа на специалистов и финансировании научных разработок. В зарубежных странах основной заказ на научные разработки формирует частный капитал, а государство исполняет регулирующую функцию.

Коммерциализации научных исследований и разработок уделяется большое внимание и отводится особое место в деятельности любого успешного зарубежного университета. Опыт таких стран, как Япония и США, показывает основные направления стимулирования инновационной активности:

1. заказ научных разработок, инновационных продуктов и высококвалифицированных кадров со стороны бизнес-структур и государства;
2. высокий уровень инвестирования в данную область со стороны государства и частного сектора, а также активное участие в финансировании исследований и самих университетов [3, С. 25];
3. развитые механизмы стимулирования инновационной деятельности при университетах.

Для движения в данном направлении Правительством РФ предпринимаются различные шаги. Приняты и реализуются такие федеральные программы, как «Программа 5 в 100», Программа международной мобильности и др. Развивается законодательство РФ по защите интеллектуальной собственности (ИС). Направление коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности поддержано Федеральным Законом № 217-ФЗ от 02.08.2009 г., Постановлениями Правительства № 218–220.

Таким образом, современному российскому университету предлагается находить различные пути пополнения своего бюджета, включая активизацию коммерческой составляющей проводимой научной деятельности. Вместе с тем основной функцией университета должна оставаться функция воспроизводства кадров.

Понятие коммерциализация можно понимать с двух основных точек зрения: с целью диффузии (распространения инновации); с целью извлечения дохода и прибыли от реализации прав на объект ИС.

При этом существуют два основных направления коммерциализации инноваций: использование объектов ИС для производства инновационной продукции; предложение рынку новой технологии и оборудования, имеющих инновационный характер. Рассматривая эти направления коммерциализации, мы выделили и сгруппировали инструменты, формы и методы коммерциализации РИД университета в зависимости от распределения прав на него (рис. 1).

При этом мы разделяем понятия «коммерциализация» и «финансирование», однако предполагаем возможным использование различных форм финансирования инновационных проектов для реализации конечного этапа, представляющего собой внедрение инновации в практику (коммерциализацию). Помимо тех форм коммерциализации, которые предлагает автор Жулдуз Камбарова, мы выделяем такие формы финансирования и привлечения средств как фандрайзинг, краудфандинг, венчурное финансирование и селенг. Их обзор и характеристика обстоятельно представлены в работе Л.Ю. Ласкиной и М.С. Власовой [4, С. 270].

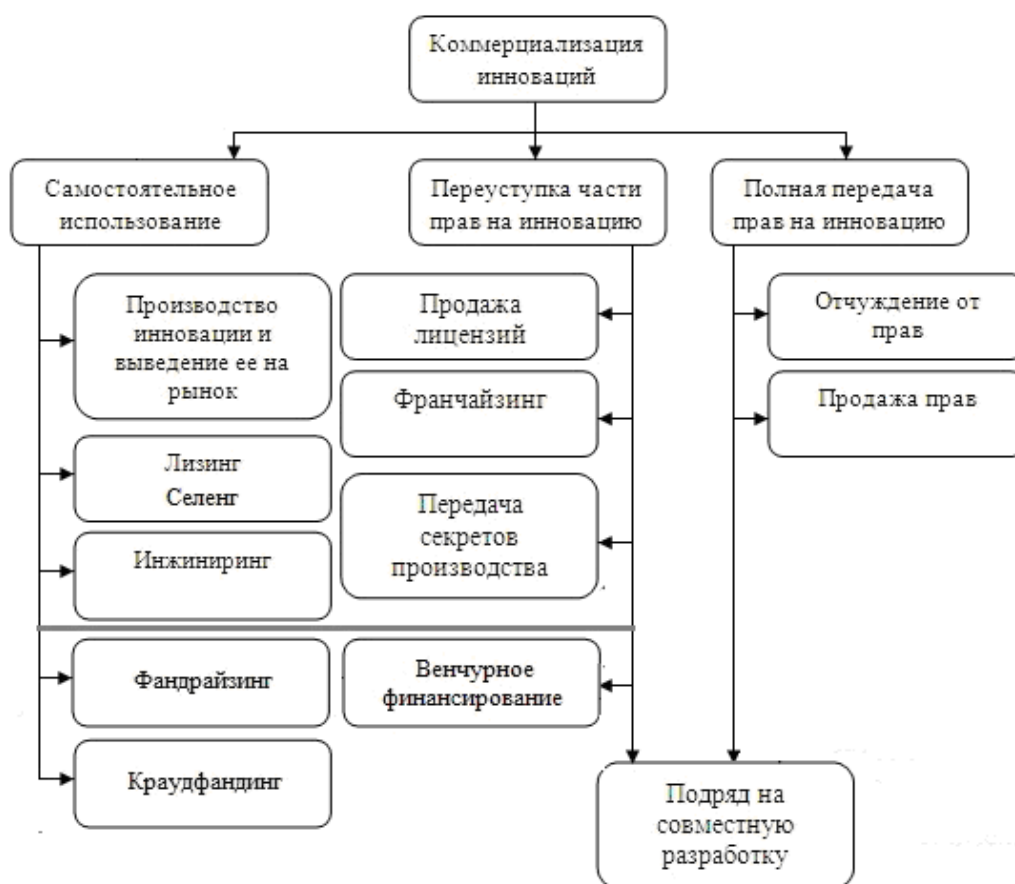


Рис. 1. Способы и формы коммерциализации и финансирования инноваций (составлено автором на основе [5])

Самостоятельное использование инноваций подразумевает возможность изобретателю извлекать полную прибыль от использования инновации. Это может быть сделано в форме продажи инновационной продукции или права на запатентованный товар, лизинга или селенга инновационного оборудования, предоставления консультационных услуг. Финансирование же может быть обеспечено благодаря поиску источников грантов и субсидий (например, РФФИ, РНФ, РГНФ, программа «У.М.Н.И.К.» и пр.) или же благодаря поддержке сообщества на таких краудфандинговых платформах, как Kickstarter, Indiegogo, Crowdfunder, Rockethub, Rowdrise, AngelList, Somolend и др.

Переуступка части прав на инновацию предполагает извлечение прибыли от продажи лицензий или франчайзинга инновационного товара, а также от продажи отдельных ноу-хау, составляющих инновацию (как это делают малые инновационные предприятия, внесением прав на использование в уставный капитал). В этом случае существует возможность привлечения венчурного финансирования, поскольку при таком виде инвестирования заранее оговаривается доля инвестора в прибыли.

Полная передача прав на инновацию подразумевает продажу или отчуждение всех прав на разработку за единовременную оплату. Этот способ является наименее выгодным в точки зрения получения постоянного дохода и довольно дорогостоящим, как например, в случае с регистрацией патента, однако представляется подходящим для реализации заказа или подряда на совместную разработку.

В этой связи малые инновационные предприятия (МИП), которые с 2009 г. возможно создавать на базе университетов, призваны реализовать коммерциализацию инноваций на более выгодных условиях, поскольку они

реализуют функцию практического применения результатов интеллектуальной деятельности. Доля университетов в уставном капитале (УК) компании составляет от 10 до 33%, причем права на результат интеллектуальной деятельности, вкладываемый в УК, принадлежит вузу.

Стоит отметить, что для развития МИП государством активно создаются благоприятные условия (льготы, предоставление специальных грантов и субсидий и пр.). По данным Министерства образования и науки Российской Федерации число созданных в соответствии с 217-ФЗ от 02.08.2009 г. МИП на базе университетов на 2-й квартал 2015 года составило 2280 [6]. Однако существует проблема низкой эффективности деятельности весомой доли МИП и, связанная с ней отрицательная динамика темпов прироста числа вновь создаваемых организаций (рис. 2).

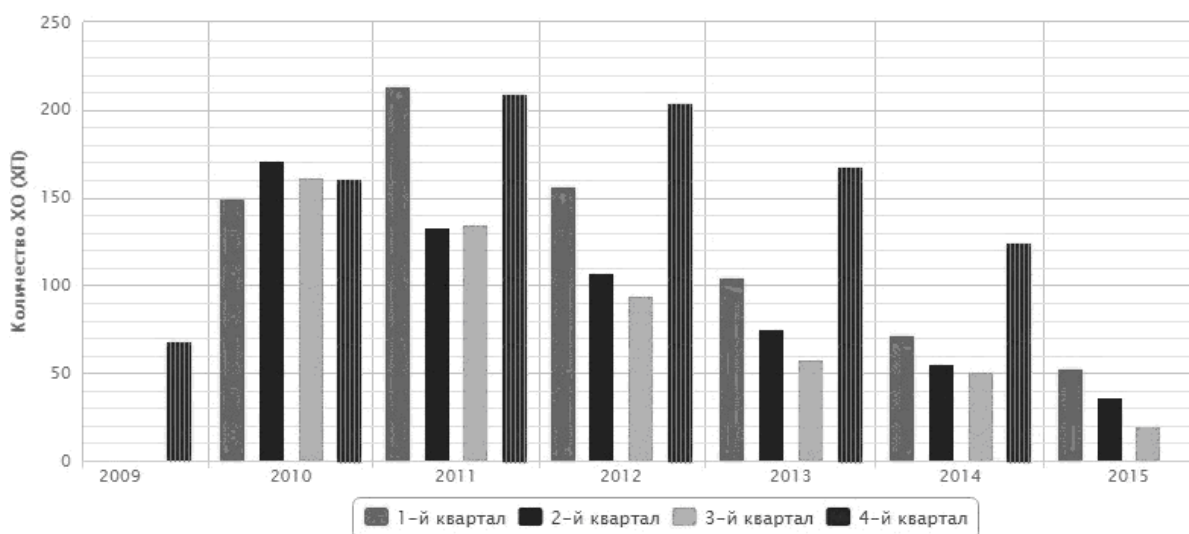


Рис. 2. Динамика создания хозяйственных обществ (хозяйственных партнерств) [7]

Мы связываем данные негативные тенденции со следующими основными факторами:

1. исключительные права на разработки, вкладываемые в УК при регистрации общества, принадлежат университетам;
2. существуют пробелы в области защиты ИС, в том числе факт того, что перечень результатов интеллектуальной деятельности в вузах, которые могут быть коммерциализованы (внедрены, проданы) строго ограничен;
3. низкий уровень промышленного заказа на инновации и др.

Кроме того, снижение темпов прироста вновь создаваемых МИП может быть связано также с общей кризисной ситуацией в стране, сокращением инвестиций и бюджетов разных уровней, активным выводом средств из экономики. В этих условиях проблема коммерциализации результатов инновационной деятельности университета обостряется и актуализируется.

Таким образом, можно выделить основные проблемы коммерциализации научных разработок в университетах:

1. несовершенство правовых аспектов защиты интеллектуальной собственности, а именно, патентов, лицензий, ноу-хау и др. Например, стоимость процесса патентования инновационного продукта или технологии для зарубежных странах (США) может достигать 7000–10000 долл. [7] и занимает по времени порядка полугода, в то время как для российской практики свойственна не совсем прозрачная процедура;
2. низкий уровень активности со стороны заказчиков инновационных разработок (речь идет о заказах со стороны промышленности и бизнеса) и, как следствие,

- низкий уровень инновационной активности. По данным исследования «World Intellectual Property Indicators 2012», проводимого регулярно World Intellectual Property Organization на 2012 год в России было подано 41 414 заявок на патенты (объектов ИС), в то время, как лидирующая по этому показателю страны Китай, США и Япония – 526 412, 503 582 и 342 610 патентных заявок соответственно [8]. Таким образом, активность в данной области России в десяток раз отстает от показателей развитых стран, поэтому для реализации стратегических целей необходима активизация инновационной деятельности;
3. низкая эффективность создаваемых на базе университетов МИП и, как следствие, отрицательная динамика темпов прироста МИП при университетах;
 4. низкий уровень инвестирования в данную область и др.

Подводя итог вышесказанному, необходимо отметить, что наша страна находится на этапе перехода от государственной системы регулирования инновационного развития к рыночному процессу, где важнейшими источниками этого развития становятся не бюджеты различных уровней, а коммерческое внедрение новых технологий. Таким образом, в современных условиях для развития интеграции науки, образования и бизнеса в университетах необходимо использовать новые формы финансирования и коммерциализации инновационных разработок, ориентироваться на запросы рынка и формировать такой запрос. Кроме того, коммерциализация научных разработок может рассматриваться в качестве дополнительного источника финансирования деятельности образовательной организации.

Литература

1. Петропавлова Г.П., Силакова Л.В. Организационно-экономические механизмы роста инновационной активности ученых и студентов вузов // Сб. тезисов докладов Конгресса молодых ученых. – 2014. – Вып. 4. – С. 276–278.
2. Акцораева Н.Г., Игошин С.Ю. Коммерциализация результатов инновационной деятельности университета в экономической системе региона // Инновационные технологии управления и права. – 2014. – № 3(10). – С. 35–41.
3. Марков К.А. Коммерциализация научных исследований в университетах США // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2009. – № 5. – С. 22–30.
4. Ласкина Л.Ю., Погостинская Н.Н., Власова М.С. Сравнительная характеристика инновационных форм финансирования бизнеса // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». – 2014. – № 3. – С. 267–278.
5. Камбарова Ж.Д. Пути и способы коммерциализации научных разработок // G-Global [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://old.group-global.org/kz/publication/view/2111>, своб.
6. Учет и мониторинг малых инновационных предприятий научно-образовательной сферы // Министерство образования и науки Российской Федерации – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mip.extech.ru/index.php>, своб.
7. Елисеева М. Стоимость патентования российских изобретений в США и способы уменьшить расходы на зарубежное патентование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.patentbar.com/publications/Cost-of-patenting-in-the-US1.pdf>, своб.
8. Рейтинг стран мира по количеству патентов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gtmarket.ru/ratings/rating-countries-patents/info>, своб.

**РАЗРАБОТКА ПЛАНА РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ,
С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕЕ ПРАКТИЧЕСКОГО
ПРИМЕНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА**

И.А. Симон

Научный руководитель к.э.н., доцент С.В. Мурашова

В условиях кризиса и применения санкций со стороны Евросоюза инновационная инфраструктура России призвана оказать активное содействие предприятиям в развитии и совершенствовании производственных процессов и разработке новых технологий. Однако все элементы инновационной инфраструктуры в связи с данной необходимостью должны быть подвержены глубокому анализу, оценке продуктивности и целесообразности, а также различного рода изменениям в части совершенствования их деятельности и результативности. На основании проведенного анализа появляется возможность в построении плана развития инновационной инфраструктуры с учетом вновь возникших потребностей как отдельных предприятий, так и государства в целом.

Ключевые слова: инновационная инфраструктура, инновационный потенциал, инновационное развитие.

Сегодня, как никогда ранее, Россия заинтересована в развитии и совершенствовании инновационной инфраструктуры страны. Это связано в первую очередь с применением санкций со стороны Евросоюза, которые ограничивают Россию в импорте различных товаров и услуг, не производимых или ограниченно производимых в нашей стране. Появилась необходимость в быстром и экономически выгодном развитии собственных производств и технологий. В данной ситуации все элементы инновационной инфраструктуры могут быть активно и с пользой применены.

В 2011 г. была утверждена стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года. Стратегия ориентирована на долгосрочное развитие субъектов инновационной деятельности, финансирование сектора фундаментальной и прикладной науки и поддержку коммерциализации инновационных разработок [1].

Реализация данной стратегии намечалась на два этапа:

1. 2011–2013 гг. – повышение восприимчивости бизнеса и экономики к инновациям в целом;
2. 2014–2020 гг. – проведение перевооружения и модернизации промышленности, формирование работоспособной национальной инновационной системы.

На сегодняшний день пройдено половина пути в становлении «инновационной России». Но, во-первых, первый этап очень затянулся, так как до сих пор не все регионы, города, предприятия и люди, в частности, готовы к инновационному прорыву в своей деятельности. Во-вторых, в эпоху кризиса и усугубившейся экономической ситуацией в стране из-за применения санкций со стороны Евросоюза и ряда других стран, появилась необходимость более быстрого и прогрессивного реагирования национальной инновационной системы на появляющиеся проблемы, потребности и нужды инновационных предприятий.

В связи с данным фактом появляется необходимость в разработке четкого плана развития инновационной инфраструктуры в условиях кризиса. Это позволит откорректировать направление развития и применения стратегии «Инновационная Россия-2020», совершенствовать имеющиеся формы инновационной инфраструктуры, расширить их возможности и перспективы, дать возможность предпринимателям производить товары, технологии и услуги, идентичные западным, на которые наложен запрет на импорт в Россию. А также с внедрением

нового плана развития инновационной инфраструктуры появится возможность разработать новые практически применимые формы, адаптированные к сложившимся условиям в стране, без возможных финансовых потерь.

Целью настоящей работы являлась оценка эффективности применения инновационной инфраструктуры России и разработка перспективного плана ее развития.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- анализ соответствия форм инновационной инфраструктуры их прямому назначению;
- оценка практической применимости современных форм инновационной инфраструктуры;
- определение способов совершенствования и дальнейшего применения целесообразных форм инновационной инфраструктуры;
- разработка новых потенциально возможных, практически применимых форм инновационной инфраструктуры;
- построение плана развития инновационной инфраструктуры в условиях кризиса.

Все формы инновационной инфраструктуры в условиях кризиса нуждаются в корректировке их деятельности, с целью упрощения оказания услуг населению и различным предприятиям по разработке, производству и внедрению инноваций, обеспечения общедоступности к инструментам инновационной деятельности, предоставления инновационным предприятиям более широкого спектра возможностей по реализации инновационной деятельности. В связи с этим есть необходимость в более тщательном анализе существующих форм инновационной инфраструктуры, оценке их эффективности и конкурентоспособности, определении стратегии развития и поиска новых путей развития инновационной деятельности.

В первую очередь, в условиях кризиса и применения санкций, особой популярностью начинает пользоваться производственно-технологическая инновационная инфраструктура, которая предоставляет площадки, оборудование и все необходимые условия для освоения новых видов бизнеса, разработки, внедрения и применения новых технологий [2]. Именно этот вид инновационной инфраструктуры может быть активно использован в развитии новых производств и технологий.

Бизнес-инкубаторы, технопарки, инновационно-технологические центры, инновационно-промышленные комплексы, и другие элементы производственно-технологической инновационной инфраструктуры могут быть использованы для разработки и внедрения продуктов, технологий, материалов и услуг, идентичных западным, не выпускаемым в России, которые запрещены к ввозу в связи с введением на них санкций. Эти элементы инновационной инфраструктуры обладают собственными территориями, оборудованными офисами, производствами, необходимым оборудованием и возможностями для реализации производственной и технологической деятельности.

Также появляется необходимость увеличения финансирования новых инновационных предприятий, что напрямую зависит от финансовой инновационной инфраструктуры. В связи с кризисом банки были вынуждены поднимать процентные ставки по кредитам, что привело к снижению активности инновационных предприятий в получении кредитов, и, как следствие, к уменьшению количества новейших разработок и исследований.

В связи с этим финансовая инфраструктура нуждается в более жестком контроле со стороны государства, а также в совершенствовании системы предоставления помощи инновационным предприятиям и частным лицам. В то же время, так как в

условиях кризиса государству необходимо направлять финансирование на улучшение экономической ситуации в стране и поддержку социальных программ, то появляется необходимость в переходе на государственно-частное партнерство в отношении финансирования инновационной деятельности предприятий и более активном привлечении частных инвестиций в разработку инноваций.

С получением и развитием новых инновационных продуктов, технологий и услуг появляется необходимость расширять и искать новые рынки их сбыта. Необходимо обеспечить инновационным предприятиям возможность быстрого и легкого выхода на различные торговые площадки. Торговые дома, посреднические и консалтинговые фирмы, а также центры трансфера технологий нуждаются в увеличении финансирования со стороны государства, разработке инструкций и регламентов по их работе, расширению потенциально возможных путей вывода инноваций на рынок [3].

Также не стоит забывать, что в конечном итоге инновации – это результат инновационной деятельности человека или группы людей. Сотрудники инновационных предприятий нуждаются в повышении своей квалификации, получении новых знаний в инновационной деятельности, развитии имеющихся навыков и предоставлении возможности передачи своих способностей и знаний другим участникам инновационной деятельности. Для этих целей необходимо развивать и всячески поддерживать кадровую инновационную инфраструктуру страны: открывать новые образовательные учреждения, открывать новые направления по подготовке кадров для инновационной деятельности, всячески поддерживать научно-исследовательскую деятельность студентов и аспирантов высших учебных заведений.

Информационная и экспертно-консалтинговая инновационная инфраструктура, призванная оказывать информационную, консультационную и вспомогательную помощь инновационным предприятиям, может быть активно вовлечена в процесс реализации плана страны на переход к производству собственной продукции, технологий и услуг. Так с помощью сети Интернет можно активно распространять информацию о предоставлении возможности по созданию и развитию собственного бизнеса в инновационной сфере, а инновационные центры и центры трансфера технологий способны оказывать активную поддержку в организации производства, в получении и реализации конечного результата.

С введением санкций на импорт продукции в Россию со стороны Евросоюза и ряда других стран для российских предпринимателей появилась прекрасная перспектива развития собственного производства продукции, ранее в России не выпускаемой, внедрения новых технологий в производственные и технические процессы, развития инновационной деятельности на предприятии или внедрения инновационных идей, разработанных в вузах страны, а также создание новых рабочих мест.

У предприятий появляется возможность повысить свою конкурентоспособность на российском рынке, а также возможность выхода на мировой рынок с новыми продуктами, технологиями и услугами. Однако в условиях сложившегося кризиса есть необходимость вмешательства в различные процессы со стороны государства, в том числе законодательные, финансовые, организационные и информационные. Но поддержка от государства все равно не будет столь велика, как она может быть оказана со стороны частных инвесторов. В связи с этим появляется необходимость и четкая заинтересованность страны на переход к государственно-частному партнерству в отношении развития инновационной деятельности в России, как это активно применяется в США и ряде других стран с высокой инновационной активностью.

На сегодняшний день в России создана конкурентоспособная, перспективная, соответствующая всем стандартам инновационная инфраструктура, однако, деятельность различных инновационных элементов далека от регламентов и предписаний, а направлена в первую очередь на получение собственной прибыли. Так бизнес-инкубаторы и технопарки, призванные предоставлять помещения, оборудование и помощь молодым предпринимателям в области инновационной деятельности, зачастую сдают в аренду свои помещения не новым предприятиям, не имеющим к инновационной деятельности никакого отношения.

Это конечно связано не только с недобросовестностью владельцев различных элементов производственно-технологической инновационной инфраструктуры, а также с незаинтересованностью населения в участии, развитии и реализации инновационной деятельности. Отчасти незаинтересованность связана с различными сложностями в организации предпринимательской деятельности и отсутствием реальной возможности получения финансовой поддержки со стороны, будь то государство или частные инвесторы.

Все вышеперечисленные факторы тормозят развитие инновационной деятельности в России и, как следствие, в эпоху кризиса не способствуют восстановлению экономической ситуации в стране. Однако с внедрением необходимых изменений в деятельность различных элементов инновационной инфраструктуры, а также с переходом на государственно-частное партнерство, в отношении финансирования инновационной деятельности появляется возможность более быстрого перехода к инновационной России, проведения перевооружения и модернизации промышленности, формирование работоспособной национальной инновационной системы.

В результате проведенной работы получено заключение по современным формам инновационной инфраструктуры, их целесообразности, практической применимости и возможности дальнейшего развития, совершенствования и адаптирования к условиям кризиса и применениям санкций со стороны Евросоюза и других стран.

Уже в ходе работы была получена фундаментальная информация, которая поможет направить реализацию стратегии «Инновационная Россия-2020» в нужное русло и избежать больших финансовых потерь, как в будущем, так и на текущий момент. Опираясь на опыт зарубежных стран и их инновационную систему, появится возможность сформировать эффективную работоспособную инновационную инфраструктуру в России.

Материалы работы целесообразно будет использовать в развитии инновационной активности регионов и построении эффективной региональной инновационной инфраструктуры.

Литература

1. Единый информационно-аналитический портал государственной поддержки инновационного развития бизнеса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://innovation.gov.ru/taxonomy/term/586>, своб.
2. Симон И.А. Основные элементы производственно-технологической инновационной инфраструктуры и их практическое применение // Сб. публикаций центра экономических исследований: «Трансформация экономических теорий и процессов в эпоху глобализации». – 2015. – С. 10–11.
3. Симон И.А. Анализ современных форм инновационной инфраструктуры в России // Сб. публикаций центра экономических исследований: «Экономические перспективы развития страны: примеры, возможности». – 2014. – С. 56–57.

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ ПРЕДПРИЯТИЯ В ЦЕЛЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ЕГО КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ

Л.А. Смирнова

Научный руководитель – к.э.н., доцент Е.А. Павлова

В современных условиях инновационная деятельность является базисом потенциала экономической системы, определяя вектор ее развития. Крайне важной становится проблема управления инновационным потенциалом, который лежит в основе инновационной деятельности как важного фактора формирования конкурентных преимуществ. На сегодняшний день именно резервы инновационного потенциала – различные «ноу-хау», научные заделы, разработки и ориентация на инновационную деятельность в целом – могут вывести предприятие на лидирующие позиции за счет формирования у него конкурентных преимуществ. Разработка методов эффективного стратегического управления инновационным потенциалом, в основе которых лежит его качественная и количественная оценка, является, по мнению автора, ключом к последующему формированию конкурентных преимуществ.

Ключевые слова: инновационная деятельность, инновационный потенциал, конкурентные преимущества, стратегическое управление.

Введение

Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г., разработанная по поручению Президента Российской Федерации, а также стратегия «Инновационная Россия-2020», основанная на ней, подчеркивают определяющую роль инноваций в эффективности социально-экономического развития государства и его экономики. Актуальность вопроса управления инновационной деятельностью предприятия подтверждает множество исследований, проводимых в данной области [1–3]. Крайне важной также становится проблема управления и оценки инновационного потенциала как важного фактора формирования конкурентных преимуществ. На рынке, где покупатели имеют доступ к огромному разнообразию всевозможных товаров, крайне важно обладать некими уникальными характеристиками, качествами, выделяющими продукцию и ее производителя в целом среди конкурентов. При этом можно отметить, что вопрос оценки конкурентных преимуществ на основе анализа инновационного потенциала предприятия является недостаточно изученным. Существуют лишь отдельные исследования, посвященные оценке потенциала как такового [4–6]. Именно поэтому автор считает целесообразным разработку методики стратегического управления инновационным потенциалом предприятия с целью формирования его конкурентных преимуществ, в основе которой будет лежать методика оценки инновационного потенциала предприятия.

Постановка задачи

Целью работы являлось исследование основных принципов стратегического управления инновационным потенциалом предприятия, а также разработка метода оценки конкурентных преимуществ предприятия на основе анализа его инновационного потенциала.

В работе решались следующие задачи:

1. изучение сущности инновационного потенциала;
2. определение корректной структуры инновационного потенциала;
3. анализ влияния условий внешней среды на инновационное развитие предприятия;
4. разработка системы показателей оценки инновационного потенциала предприятия.

Решение вышеуказанных задач будет способствовать непосредственной разработке в последующих исследованиях таких вопросов, как:

1. разработка системы показателей оценки конкурентных преимуществ предприятия на основании результатов оценки сегментов инновационного потенциала;
2. разработка стратегии управления инновационным потенциалом предприятия в целях повышения конкурентоспособности предприятия.

На данный момент не существует общепринятой системы классификации факторов конкурентных преимуществ. С развитием технологий производства, сбыта, ростом уровня конкуренции на рынке на передний план выходит такой фактор обеспечения конкурентных преимуществ, как инновационный потенциал предприятия. В связи с этим основным недостатком существующих подходов к оценке конкурентных преимуществ является недостаточное внимание к важности инновационного аспекта развития предприятия. Также можно отметить, что оценка конкурентных преимуществ происходит, в основном, с точки зрения качественных аспектов их формирования, в то время как анализ конкурентоспособности, проводимый на основе количественной оценки инновационного потенциала, позволит перейти к получению расчетных показателей уровня конкурентных преимуществ.

Очевидно, что конкурентное преимущество – это те характеристики предприятия как системы, которые определяют его превосходство над конкурентами, причем все большее значение среди этих характеристик, по мнению авторов, приобретает уникальность, т.е. все, что связано с особенными, наиболее актуальными свойствами производимых товаров, различными «ноу-хау». Конкурентные преимущества формируются за счет уникальных осязаемых и нематериальных активов предприятия, или же особой компетентностью в сферах деятельности, решающих для данной области бизнеса.

Теоретическая значимость работы связана с тем, что подход к оценке конкурентных преимуществ предприятия с точки зрения количественной оценки его инновационного потенциала, а также предлагаемая методика оценки влияния условий внешней среды на величину потенциала являются оригинальными по своей сути. Практическая значимость работы заключалась в том, что результаты исследования могут быть использованы для усовершенствования системы управления инновационной деятельностью на предприятии любой отрасли.

Основной результат

Для решения поставленных задач необходимо иметь четкое представление о сущности и структуре инновационного потенциала предприятия.

Инновационный потенциал предприятия, по мнению автора, целесообразно определять как совокупность научно-технических, производственно-технологических, кадровых, финансовых и прочих ресурсов, которые определяют способность предприятия обеспечить создание, восприятие и использование новшеств, а также обеспечивают устойчивость инновационного развития предприятия к влиянию факторов внешней среды [7].

Автором была разработана пирамида развития инновационного потенциала предприятия, характеризующая механизм и последовательность формирования и развития его сегментов. Она представлена на рисунке. Согласно представленной на пирамиде концепции существует три уровня развития инновационного потенциала. Причем без наращивания параметров по сегментам более низкого уровня невозможно развитие элементов более высокого уровня. Данный вид структуры предполагает комплексный подход, который учитывает все необходимые составляющие потенциала, при этом в нем отсутствует чрезмерно мелкое деление на структурные единицы, которое могло бы помешать в ходе последующей оценки величины потенциала. Подобная структура отражает все этапы и аспекты инновационной деятельности.



Рисунок. Пирамида развития инновационного потенциала предприятия

Далее необходимо остановиться на вопросе оценки влияния условий внешней среды на уровень инновационного потенциала предприятия. Анализ внешней среды позволил выделить такие группы факторов, как политико-правовые, экономические, социокультурные, технологические факторы, а также фактор цикличности.

Очевидно, что каждый из факторов может оказывать как стимулирующее, так и сдерживающее воздействие на развитие инновационного потенциала предприятия. При этом значимость влияния конкретного фактора будет зависеть от специфики деятельности предприятия, а сила влияния – от условий внешней среды. В рамках разработанной методики предлагалось оценить влияние факторов внешней среды с помощью метода экспертных оценок. Экспертам следует оценить:

- значимость влияния группы факторов x_i , где i – принадлежит множеству $[1, n]$, n – количество групп факторов, по шкале от 0 до 0,25 баллов с шагом в 0,05 балла, в зависимости от важности влияния данного фактора на деятельность конкретного предприятия;
- силу влияния группы факторов y_i , где i – принадлежит множеству $[1, n]$, n – количество групп факторов, по шкале от –1 до 1 балла с шагом в 0,2 балла (в данном случае стоит учитывать, что факторы внешней среды могут воздействовать на величину потенциала как прямо пропорционально, т.е. положительно стимулирующие, так и обратно пропорционально).

Показатель величины поправки показателя инновационного потенциала предприятия на влияние отдельной группы факторов внешней среды α_i рассчитывается по следующей формуле:

$$\alpha_i = x_i y_i, \quad i \in [1; n], \quad (1)$$

где n – количество групп факторов влияния внешней среды.

Величина поправки на влияние факторов внешней среды α при условии, что оценка производится одним экспертом, рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \sum_{i=1}^n \alpha_i, \quad (2)$$

где n – количество групп факторов влияния внешней среды; α_i – показатель величины поправки показателя инновационного потенциала предприятия на влияние каждой группы факторов внешней среды; i – порядковый номер группы факторов.

Общее итоговое значение поправки на влияние факторов внешней среды будет рассчитываться как среднее арифметическое взвешенное от частных показателей поправки:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{j=1}^m \omega_j \alpha_j}{\sum_{j=1}^m \omega_j}, \quad (3)$$

где m – количество экспертов, участвующих в оценке; ω_j – частота признака.

Данный метод оценки поправки показателя величины инновационного потенциала предприятия на влияние факторов внешней среды также является авторской разработкой.

И, наконец, последняя задача, которая должна быть решена в данной работе – это разработка метода комплексной оценки инновационного потенциала предприятия с расчетом интегрального показателя для последующей оценки его конкурентных преимуществ и эффективного стратегического управления.

Для оценки сегментов инновационного потенциала предприятия предлагается использовать группы показателей, представленные в таблице. При этом часть показателей будет оцениваться экспертным путем, часть – расчетным, а некоторые из них – смешанным, когда эксперт анализирует полученное в результате расчета значение показателя. Для приведения значений показателей к единой шкале, измерения, полученные в ходе оценки значения, приводятся к балльным. Такой подход позволяет решить главную проблему существующих методов, а именно – отсутствие критериев оценки инновационного потенциала предприятия.

Таблица. Показатели оценки инновационного потенциала предприятия

№ п/п	Наименование показателя	Метод оценки
Финансовый потенциал		
1	Уровень финансовой устойчивости	Экспертный
2	Рентабельность капитала	Смешанный
3	Уровень кредитоспособности	Экспертный
4	Инвестиционная привлекательность	Экспертный
5	Состояние структуры финансирования инновационной деятельности	Экспертный
Организационно-управленческий потенциал		
1	Уровень информатизации предприятия	Экспертный
2	Состояние системы нормативов	Экспертный
3	Ориентированность на создание научных и производственных связей	Экспертный
4	Ориентированность руководства на инновационное направление развития	Экспертный
5	Состояние базы данных по актуальным исследованиям и разработкам	Экспертный
Кадровый потенциал		
1	Доля персонала, задействованного в инновационном процессе	Расчетный
2	Квалификационный уровень научно-технических специалистов	Расчетный
3	Доля затрат на обучение персонала	Расчетный
4	Состояние системы мотивации инновационной деятельности	Экспертный
5	Степень сотрудничества с вузами в целях подготовки кадров	Экспертный
Научно-технический потенциал		
1	Средняя продолжительность разработки одного новшества	Смешанный
2	Внедряемость новшеств	Смешанный
3	Вес инновационной продукции в общем объеме производства	Смешанный
4	Состояние интеллектуальной собственности предприятия	Экспертный
5	Состояние опытно-конструкторской базы	Экспертный
Производственно-технологический потенциал		

№ п/п	Наименование показателя	Метод оценки
1	Уровень автоматизации производства	Смешанный
2	Сертифицированность производства	Экспертный
3	Уровень развития технологий производства	Экспертный
4	Коэффициент износа основных фондов	Смешанный
5	Уровень модернизации оборудования	Экспертный
Маркетинговый потенциал		
1	Состояние системы проведения маркетинговых исследований	Экспертный
2	Отлаженность механизма обратной связи с потребителями	Экспертный
3	Состояние информационной базы по направлениям государственной поддержки инноваций	Экспертный
4	Отлаженность механизма сервисного обслуживания инновационной продукции	Экспертный
5	Состояние системы продвижения инновационной продукции	Экспертный

Каждый из вышеуказанных показателей оценивается по шкале от 0 до 0,5 балла (с шагом в 0,1 балла). Следовательно, каждый сегмент, оцениваемый как сумма отдельных показателей, может принимать значение от 0 до 2,5 балла о шкале оценки. Интегральный показатель инновационного потенциала P , рассчитываемый как сумма показателей сегментов, может варьироваться по шкале от 0 до 15 баллов, и можно построить шкалу с интервалами в 5 баллов каждый. По мнению автора, если величина показателя попадает в первый интервал на данной шкале, т.е. соответствует низкому уровню развития инновационного потенциала, это, согласно пирамиде развития, говорит в первую очередь о проблемах предприятия в состоянии организационно-управленческого и финансового потенциала. В случае если рассчитанная величина показателя инновационного потенциала попадет во второй интервал данной шкалы, можно будет сделать вывод о наличии проблем в кадровом и научно-техническом сегментах. Попадание значения интегрального показателя инновационного потенциала предприятия в третий интервал будет говорить о самом высоком уровне его развития.

Интегральный показатель инновационного потенциала предприятия, скорректированный на величину влияния факторов внешней среды, рассчитывается по формуле:

$$P' = P + \bar{\alpha}. \quad (4)$$

По итогам расчета скорректированного интегрального показателя величины инновационного потенциала предприятия эксперт должен выдвинуть дополнительные рекомендации касательно мер по преодолению влияния негативных факторов и использованию имеющихся во внешней среде возможностей по наращиванию инновационного потенциала. На основании данных рекомендаций руководству следует разработать совокупность стратегических целей и задач по повышению эффективности инновационного развития предприятия и созданию его конкурентных преимуществ.

Заключение

В целом можно сказать, что данная тема является крайне перспективной, так как в условиях современного рынка, отличающихся высокой степенью динамичности и высоким уровнем конкуренции, когда российским производителям приходится соперничать с иностранными компаниями, которые занимают опережающие позиции, а их продукция зачастую является более качественной и дешевой, предприятию необходимо обладать определенным набором конкурентных преимуществ для того,

чтобы осуществлять свою деятельность успешно и эффективно. И как уже было сказано выше, в основе этих преимуществ на сегодняшний день лежит инновационный потенциал предприятия, рациональное управление которым позволит предприятию значительно повысить уровень конкурентоспособности и выйти на лидирующие позиции. Полученные результаты исследования помогут в дальнейшем перейти к разработке системы показателей оценки конкурентных преимуществ предприятия и методике стратегического управления инновационным потенциалом.

Литература

1. Васюхин О.В., Павлова Е.А. Стратегия формирования и развития инновационного потенциала промышленного предприятия // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2010. – № 2 (66). – С. 113–119.
2. Коробейников О.П., Трифилова А.А., Коршунов И.А. Роль инноваций в процессе формирования стратегии предприятия // Менеджмент в России и за рубежом. – 2000. – № 3. – С. 29–43.
3. Лисин Б.К. Инновационный потенциал как фактор развития. Межгосударственное социально-экономическое исследование // Инновации. – 2002. – № 7. – С. 25–51.
4. Абрамов В.И. Методология оценки инновационного потенциала предприятия // Изв. вузов. Поволжский регион. Общественные науки. – 2012. – № 4(24). – С. 130–137.
5. Горбунов В.Л., Матвеев П.Г. Методика оценки инновационного потенциала предприятия // Инновации. – 2002. – №8. – С. 67–69.
6. Докукина А.А. Инновационный потенциал субъектов хозяйствования: сущность и оценка // Веснік БДУ. Сер. 3. – 2010. – № 3. – С. 71–73.
7. Смирнова Л.А., Павлова Е.А. Оценка конкурентных преимуществ предприятия на основе анализа его инновационного потенциала [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/pdf/2015/1/652.pdf>, своб.

УДК 004.056.5

ВНУТРЕННИЙ АУДИТ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАССМОТРЕНИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Е.А. Солдатова

Научный руководитель – к.т.н., доцент Г.П. Жигулин

В работе кратко рассмотрена система защиты информации внутреннего аудита, произведен сбор и анализ программ и планы развития организационных и технических мер по обеспечению информационной безопасности. В ходе работы была составлена сравнительная таблица используемого программного обеспечения в типовых решениях и разработаны методические рекомендации, которые будут полезны для предприятий.

Введение

В современных условиях основной целью каждого предприятия является извлечение прибыли, поэтому необходимо выработать правильную стратегию для ее достижения. Современные требования бизнеса, предъявляемые к определению уровня обеспечения информационной безопасности (ИБ) предприятий, и существенный рост рисков от нарушения ИБ во всех сферах жизнедеятельности, диктуют настоятельную необходимость использовать в своей работе обоснованные технико-экономические методы и средства, позволяющие количественно и качественно измерять уровень информационной защищенности предприятий.

Постановка задачи

Аудит рассматриваем как совокупность взаимосвязанных процедур анализа и оценки не только программно-технической составляющей защиты информации, но и организационно-административных мер по ее обеспечению, а также выработанных предложений. Аудит делится на внутренний и внешний. Почему именно настолько важен внутренний аудит для предприятия? Внутренний аудит – это регламентированная внутренними документами предприятия деятельность по контролю звеньев управления и различных аспектов функционирования организации, осуществляемая представителями специального контрольного органа в рамках помощи органам управления предприятия.

В ходе работ по аудиту производится сбор и анализ следующих форм документированной информации:

- структурированные и функциональные схемы участников автоматизированной системы;
- проектная и эксплуатационная документация на автоматизированную систему;
- организационно-распорядительные и нормативно-технические документы по ИБ;
- организационно-штатная структура подразделения, отвечающая за безопасность ИБ;
- перечень сведений конфиденциального характера;
- планы восстановления работоспособности автоматизированной системы при возникновении аварийных ситуаций;
- программы и планы развития организационных и технических мер по обеспечению ИБ.

При проведении анализа конфигурации типовых рабочих мест, сетевых устройств и ключевых серверов их перечень определяется по согласованию с руководством предприятия, осуществляющего эксплуатацию автоматизированной системы.

У аудита информационной безопасности три этапа:

1. проведение комплексного обследования систем;
2. проведение анализа существующих рисков;
3. разработка рекомендаций по совершенствованию системы защиты информационных ресурсов и плана их практического внедрения.

Проведение комплексного обследования систем – это описание объекта (предприятия) с использованием стандарта BSI «Руководство по защите информационных технологий для базового уровня защищенности». Здесь определяется категория информации ограниченного доступа, тип объекта, структура объекта исследования (ПО, сервера, АРМ) и т.д.

Аудиторский риск – это вероятность формирования неверного вывода, в результате выработка неверных рекомендаций в процессе проведения аудита ИБ. Из используемых в большинстве стандартов и методологий определений следует, что риск Q можно задать следующим выражением

$$Q = R \times W,$$

где Q – риск; R – вероятность реализации угрозы; W – величина последствий. Вероятность R принято оценивать экспертным путем исходя из статистик данного класса угроз.

Рассмотрев два первых этапа по аудиту ИБ, более подробно решено было остановиться на третьем этапе. В результате этого у автора возникла сравнительная таблица используемого программного обеспечения (ПО) в типовых решениях.

Сравнительная таблица используемого ПО в типовых решениях

Все программное обеспечение, использованное в типовых схемах и представленное в таблице, выполняет функцию ведения электронного журнала событий, что является необходимым условием при проведении внутреннего аудита ИБ предприятия.

В случае недостаточного финансирования защиты информационных активов предприятия должный уровень защищенности может быть достигнут за счет усиления организационно-правовых мер по защите информации.

Таблица. Сравнительная таблица используемого ПО

Название	Типовое решение	Назначение	ОС	Рек. ФСТЭК	Функции****	Гос. Тайна*	Цена **
Dallas Lock	крупный бизнес; средний бизнес; государственные структуры	СЗИ от НСД	Windows 2000/XP/2003/VISTA /2008/7 (32 и 64 бит)	Да	<ul style="list-style-type: none"> – защита информации от несанкционированного доступа (НСД); – дискреционный и мандатный принципы разграничения доступа к подключаемым устройствам и информационным ресурсам, позволяющий подключать аппаратные средства ввода парольных данных (eToken, Аккорд и др.); – аудит действий пользователей; – контроль целостности всех составляющих информационной системы; – объединение защищенных рабочих станций и серверов для централизованного управления системами безопасности; – приведение АС, ГИС и обработки ПДн в соответствие законодательству РФ по защите информации 	1Б	от 25 тыс. руб.
Панцирь-К	крупный бизнес; государственные структуры	СЗИ от НСД	Windows 2000/XP/2003/VISTA /2008/7/8 (32 и 64 бит)	Да	<ul style="list-style-type: none"> – защита информации от НСД; – механизм обеспечения замкнутости программной среды, позволяющий локализовать среду исполнения для пользователей, в частности, 	1Г	от 30 тыс. руб.

Название	Типовое решение	Назначение	ОС	Рек. ФСТЭК	Функции*****	Гос. Тайна*	Цена **
					<p>противодействующий запуску троянских и шпионских программ;</p> <ul style="list-style-type: none"> – контроль целостности всех составляющих информационной системы; – дискреционный и мандатный принципы разграничения доступа к подключаемым устройствам и информационным ресурсам, позволяющий подключать аппаратные средства ввода парольных данных (eToken, Аккорд и др.); – механизм противодействия ошибкам и закладкам в системном и в прикладном ПО; – приведение АС, ГИС и обработки ПДн в соответствие законодательству РФ по защите информации 		
Secret Net	крупный бизнес; государственные структуры	СЗИ от НСД	Windows 2000/XP/2003/VISTA /2008/7/8 (32 и 64 бит)	Да	<ul style="list-style-type: none"> – защита информации от НСД; – дискреционный и мандатный принципы разграничения доступа к подключаемым устройствам и информационным ресурсам, позволяющий подключать аппаратные средства ввода парольных данных (eToken, Аккорд и др.); – аудит действий пользователей; – контроль устройств компьютера и отчуждаемых носителей информации на основе централизованных политик, исключающих утечки конфиденциальной информации; – централизованное 	1Б	от 50 тыс. руб.

Название	Типовое решение	Назначение	ОС	Рек. ФСТЭК	Функции*****	Гос. Тайна*	Цена **
					управление системой защиты, оперативный мониторинг и аудит безопасности; – масштабируемая система защиты (сетевой вариант); – приведение АС, ГИС и обработки ПДн в соответствие законодательству РФ по защите информации		

* – класс защиты зависит от версии выбранного продукта;

** – цена зависит от количества лицензий и версии продукта;

*** – операционные системы (ОС) Windows сертифицированы ФСТЭК России для защиты государственной тайны;

**** – функционал программы может отличаться в зависимости от версии программного продукта.

Типовые решения

Для обеспечения ИБ в сфере крупного бизнеса и государственных служб, связанных с конфиденциальным делопроизводством и работой с государственной тайной необходим комплексный подход. ИБ должна быть реализована на аппаратном и программном уровнях. Финансовый вопрос не должен являться основным, но система защиты информации должна быть экономически целесообразна.

На аппаратном уровне должна быть обеспечена защита от утечки информации по каналам ПЭМИН и линиям связи, необходима реализация работы межсетевых экранов прошедших сертификацию ФСТЭК России. Вся информация, хранящаяся на жестких дисках, должна быть защищена от потери (RAID-системы). На программном уровне должна быть обеспечена максимальная защита информационных активов компании и обеспечен контроль защищенности этой системы на самом высоком уровне.

Для решения поставленных задач на рабочих станциях возможно использование сертифицированных ОС Windows Vista/7/8 с использованием программно-аппаратного комплекса защиты от НСД типа «Аккорд» или с использованием электронных ключей «eToken». Серверное обеспечение должно быть реализовано на базе сертифицированных ОС Windows Server 2008/2012. Должна быть реализована доменная система, сервер для хранения баз данных (Microsoft SQL Server 2005), также удаленный сервер аудита состояния информационной системы и сервер управления электронными ключами «eToken» при необходимости. Установлена система защиты информации (СЗИ) «Secret net», «Ревизор-2» для обеспечения внутреннего аудита информационной системы и сертифицированная ФСТЭК России версия антивирусной программы «Антивирус Касперского». В случае необходимости доступа в глобальную сеть Интернет должна быть реализована система прокси-серверов, межсетевых экранов, реализовано использование туннельных соединений (VPN) и зашифрованных протоколов (https). Для повышения отказоустойчивости информационной системы необходимо использование RAID-систем и создания регламента регулярного резервного копирования данных при помощи профессионального средства создания и восстановления резервных копий данных «Acronis Backup & Recovery».

Заключение

Все средства защиты информации, используемые в типовых схемах, отвечают нормам российского законодательства по защите информации, имеют необходимые сертификаты и функциональность, надежность и качество работы этих программных и программно-аппаратных комплексов защиты информации, проверенной на практике, и используется большим количеством предприятий.

Однако данные решения не являются панацеей и организация защиты информации на любом отдельно взятом предприятии должна иметь комплексный подход и строго индивидуальный характер – иметь четко поставленные цели защиты и строго обоснованный с экономической точки зрения бюджет.

Литература

1. Кульба В.В., Шелков А.Б., Гладков Ю.М., Павельев С.В. Мониторинг и аудит информационной безопасности автоматизированных систем. – М.: ИПУ РАН, 2009. – 94 с.
2. Филиппев Д.Ю. Внутренний аудит: мифы и реальность // Учет и контроль, 2007. – № 1. – С. 22–25.
3. Федеральный закон от 30 декабря 2008 г. № 307-ФЗ «Об аудиторской деятельности» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/12164283/>, своб.
4. Партыка Т.Л., Попов И.И. Информационная безопасность. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. – М.: Форум, Инфра-М, 2002. – 243 с.
5. Жигулин Г.П. Теория и практика прогнозирования: монография. – СПб.: НИУ ИТМО, 2011. – 544 с.

УДК 004.738

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОТОКОЛА ТСР ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БАЛАНСИРОВКИ ТРАФИКА В АСИММЕТРИЧНЫХ КАНАЛАХ СВЯЗИ

В.В. Соснин

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

Рассматривается проблема деградации производительности протокола ТСР при использовании по пакетной балансировки трафика между каналами связи с выраженной асимметрией задержки передачи. Для исследования указанной проблемы проводятся натурные эксперименты по балансировке ТСР-сессии между двумя каналами связи.

Ключевые слова: производительность, ТСР, балансировка трафика.

Введение

Цель проводимого исследования – экспериментально выявить и описать эффект «деградации» ТСР-трафика при выполнении по пакетной балансировки между несколькими интерфейсами маршрутизатора (или конечного узла типа multi-homed), а также предложить рекомендации по оценке эффекта от выполнения балансировки.

Предположительно эффект деградации связан с тем, что механизм ТСР-окна может эффективно работать только если все каналы связи, между которыми выполняется по пакетная балансировка, являются полностью симметричными, т.е. в них

имеют одинаковые значения следующие показатели: задержка передачи, джиттер задержки, доля теряемых пакетов, пропускная способность.

При асимметрии перечисленных характеристик производительность протокола TCP может ухудшаться, так как механизм окна не рассчитан на применение при часто изменяющихся характеристиках направления связи, так как размер окна подстраивается протоколом TCP под условия передачи не мгновенно, но с некоторой задержкой. Ситуация еще более осложняется для протокола TCP при по пакетной балансировке, так как в худшем случае каждый передаваемый сегмент данных будет отправлен в каналы связи с существенно различающимися характеристиками. В настоящей работе рассмотрена только асимметрия в задержке передачи в каналах связи. Описанной проблеме посвящен ряд работ [1–4].

Описание экспериментального стенда

На рис. 1 приведена схема используемого в работе экспериментального стенда, который состоит из двух виртуальных машин Linux Ubuntu 14.04, играющих роль клиента А и сервера Б для измерения скорости передачи данных от А к Б по протоколу TCP с помощью утилиты *iperf*. Машины А и Б запускаются на одном компьютере под управлением операционной системы (ОС) Windows 7 с помощью Oracle Virtual Box 5.0.4. На рис. 1 закрашенными серыми прямоугольниками обозначены используемые ОС, скругленными прямоугольниками обозначены используемые утилиты, сплошными стрелками обозначен путь движения TCP-потока, пунктирными стрелками обозначено управляющее воздействие.

На машине Б установлен один виртуальный адаптер Gigabit Ethernet, имеющий имя *eth0*. Все настройки адаптера и в целом машины Б выставлены «по умолчанию». Назначение машины Б – быть ответной частью утилиты *iperf* для измерения скорости передаваемого TCP-потока, для чего на машине Б используется команда «*iperf-s*».

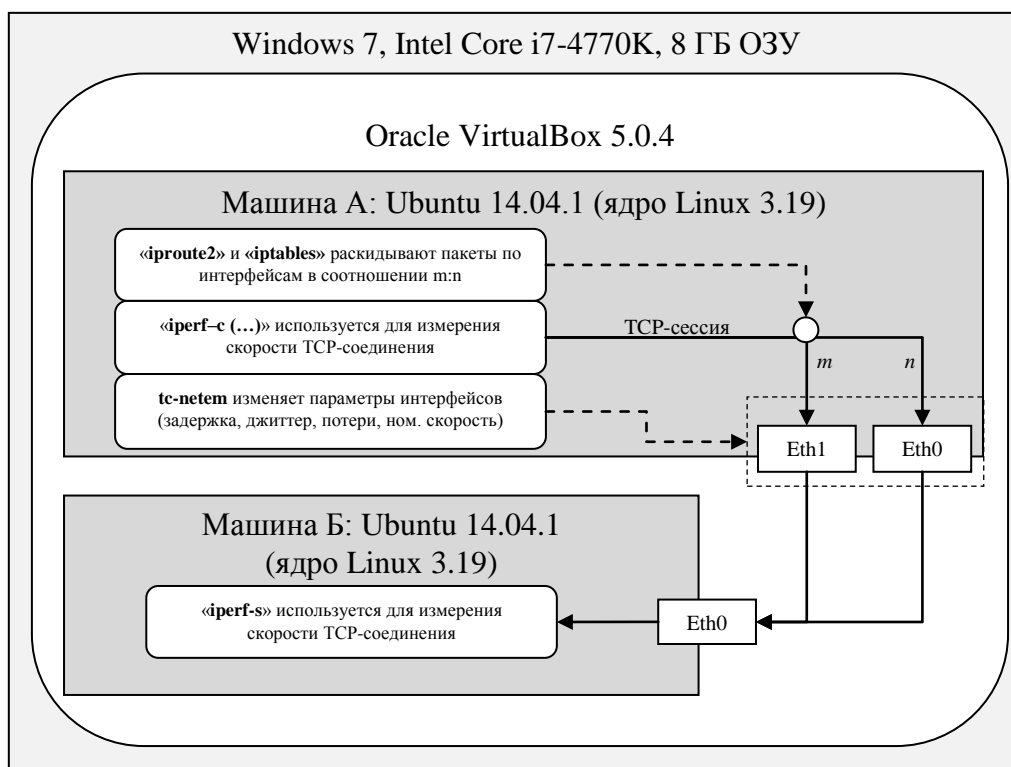


Рис. 1. Экспериментальный стенд

При этом на машине А запускается команда «iperf-c address», где address – это ip-адрес адаптера eth0 машины Б. На машине А установлено два виртуальных адаптера Gigabit Ethernet, имеющих имена eth0 и eth1. В процессе проводимых экспериментов поведение этих адаптеров варьируется с помощью утилиты tc-netem (tc qdisc), которая позволяет гибко устанавливать для каждого из адаптеров задержку передачи, джиттер задержки, вероятность потери пакетов, а также позволяет искусственно ограничивать пропускную способность адаптеров.

Весь трафик, исходящий от локальных процессов машины А по пакетно балансируется между интерфейсами eth0 и eth1. Для этого используются утилита iptables (пакеты маркируются «1» или «2» в пропорции $m:n$, где $m:n$ во всех эксперимента поочередно принимает значения 50:50, 20:80, 80:20), а также и утилита iproute2, которая пакеты с меткой «1» направляет в интерфейс eth0, с меткой «2» – в интерфейс eth1.

Методика измерений

Предварительные пробные эксперименты с утилитой iperf показали, что при одинаковых начальных условиях результаты нескольких последовательно запущенных экспериментов могут различаться очень существенно. В табл. 1 приведены параметры эксперимента, а на рис. 2 приведены замеры скорости ТСП-потока при варьировании задержки в одном из каналов связи при использовании интервала замеров длительностью 18 с для каждого эксперимента (использовался ключ «-t 18» в утилите iperf). При этом по пакетной балансировке выполнялась в соотношении 50:50 в оба интерфейса.

Отличительной особенностью этого эксперимента является то, что он выполняется очень быстро: на одно измерение уходит всего 18 с, т.е. весь эксперимент длился около часа. При этом очевидно, что разброс измеренных значений очень велик. И хотя по приведенным измерениям можно обнаружить наличие деградации скорости при больших задержках, однако для получения точных оценок эти результаты непригодны.

Таблица 1. Параметры эксперимента

Название параметра	Значение параметра для интерфейса	
	eth0	eth1
Задержка, мс	100	от 1 до 190 (с шагом 1)
Джиттер задержки, мс	0	0
Доля потерь пакетов, %	0	0
Пропускная способность, Мбит/с	10	10
Продолжительность эксперимента	190 замеров по 18 с (57 мин)	
Соотношение балансировки $m:n$	50:50	

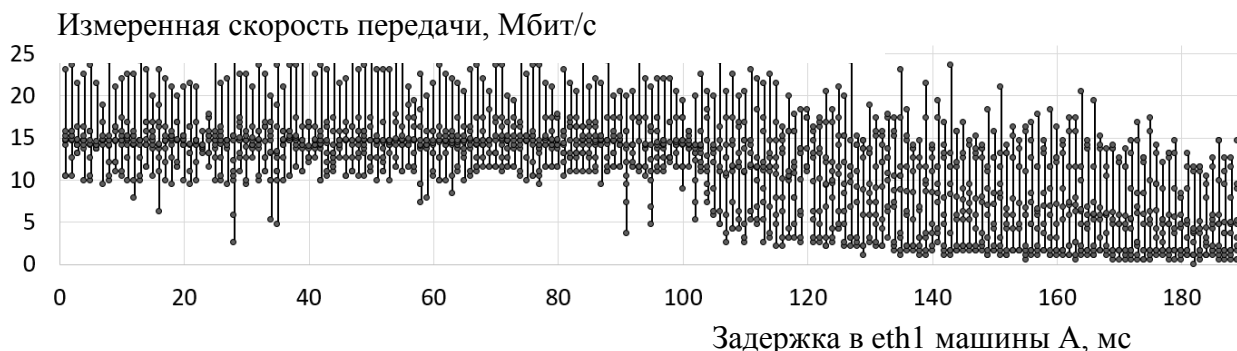


Рис. 2. Результаты эксперимента «iperf -t 18 -i 2»

Для решения проблемы большого разброса измеряемой характеристики было решено использовать следующую методику проведения экспериментов:

1. длительность для получения одного замера устанавливается равной 200 с (это значение получено эмпирически в результате анализа различных вариантов), т.е. в экспериментах используется параметр «-t 200» в утилите iperf;
2. каждый эксперимент iperf разбивается на 10 подэкспериментов длительностью 20 с, т.е. используется параметр «-i 20» в утилите iperf, что позволяет получить 10 замеров при неизменных настройках экспериментального стенда;
3. из полученных десяти замеров удаляются два крайних значения: минимальное и максимальное;
4. оставшиеся восемь замеров используются для расчета среднего значения замера, а также доверительного интервала с доверительной вероятностью 0,95. Ширина рассчитанного доверительного интервала наносится на графики с результатами измерений в виде вертикальной линии, длина которой равна доверительному интервалу;
5. для улучшения наглядности некоторых результатов выполняется сглаживание полученных замеров методом скользящего среднего с шириной окна, равной 7 замеров.

Описанная методика позволяет увеличить точность измерений, однако существенно замедляет эксперимент. Например, для проведения эксперимента, аналогичного предыдущему, вместо одного часа понадобятся около суток чистого машинного времени. Чтобы избежать столь длительного ожидания, шаг изменения варьируемого параметра подбирается адаптивно и индивидуально в каждом эксперименте.

Результаты экспериментов

В табл. 2 указаны условия, при которых проводился эксперимент для исследования влияния асимметрии используемых для балансировки каналов связи, связанной с различающейся задержкой передачи пакетов по разным каналам. Задержка в eth1 варьировалась таким образом, что ее значение было в 100 раз меньше, чем задержка в eth0, в начале эксперимента, и было в 20 раз больше задержки в eth0 в конце эксперимента. Результаты измерений приведены на рис. 3, при этом полученные замеры были обработаны с помощью метода скользящего среднего.

Таблица 2. Условия, при которых проводился эксперимент

Название параметра	Значение параметра для интерфейса	
	eth0	eth1
Задержка, мс	100	от 1 до 2000 (с переменным шагом 10..100)
Джиттер задержки, мс	0	0
Доля потерь пакетов, %	0	0
Пропускная способность, Мбит/с	10	10
Продолжительность эксперимента	240 замеров по 200 с (13,3 ч)	
Соотношение балансировки <i>m:n</i>	50:50, 20:80, 80:20	

Необходимость использовать для анализа «сглаженные» результаты продиктована тем, что необработанные значения имеют тенденцию к хаотичным флюктуациям, которые даже с учетом большого значения доверительного интервала не могут быть приняты за корректные.

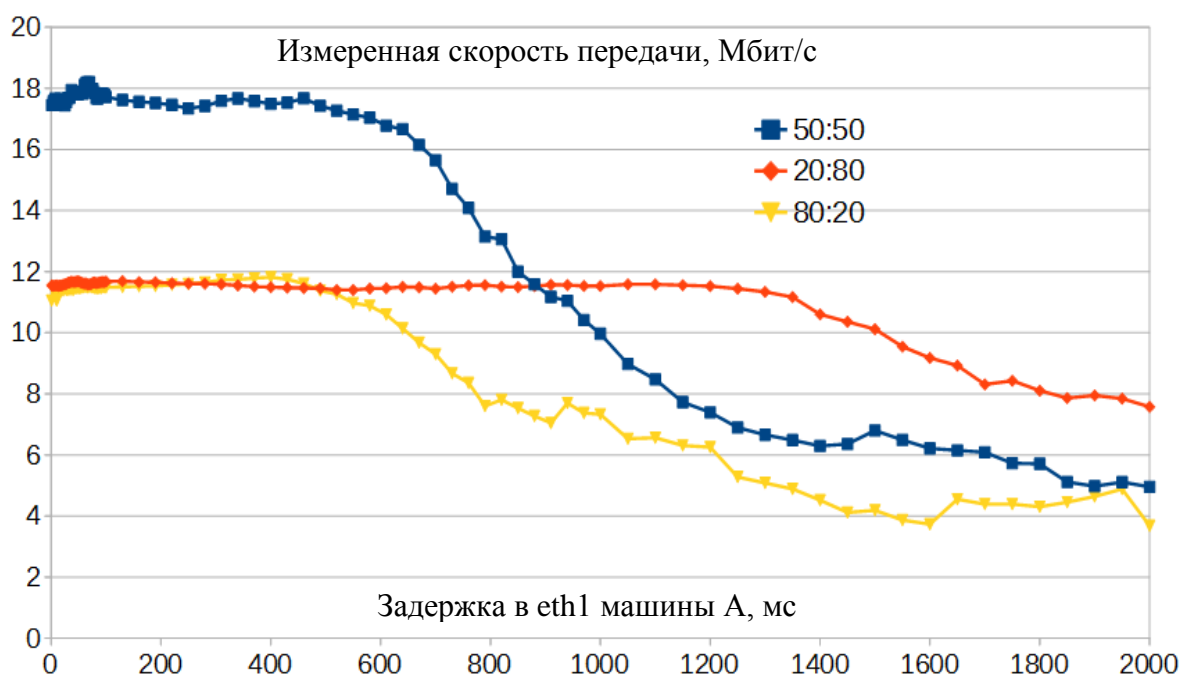


Рис. 3. Результаты измерений

Заключение

Эксперименты показали, что асимметрия задержки в балансируемых каналах связи вызывает эффект деградации TCP-соединения при использовании по пакетной балансировки.

Количество проведенных экспериментов не позволило установить эмпирические зависимости, позволяющие однозначно оценить эффект деградации TCP-соединения при балансировке нагрузки. Это связано с тем, что этот эффект зависит от абсолютных значений варьируемых величин, а не только от их соотношения (т.е. относительного отличия).

Экспериментальное исследование деградации TCP-соединения при балансировке нагрузки требует больших затрат чистого машинного времени на проведение экспериментов. В результате для корректной оценки взаимного влияния каждого из исследуемых показателей на скорость передачи потребуются тысячи машино-часов. Решить эту проблему, скорее всего, удастся, если использовать имитационное моделирование (например, систему ns-3), вместо натуральных экспериментов.

Литература

1. Бершадский А.М., Курилов Л.С., Финогеев А.Г. Исследование стратегий балансировки нагрузки в системах распределенной обработки данных // Изв. вузов. Поволжский регион. – 2009. – № 4(12). – С. 38–48.
2. Сосенушкин С.Е. Повышение эффективности маршрутизации сетевых пакетов на основе балансировки нагрузки // Изв. ТулГУ. – 2009. – № 3. – С. 288–295.
3. Ижванов Ю.Л. и др. Оптимизация сетей с дозированной балансировкой нагрузки и пиринговыми каналами // Вестник РГРТУ. – 2013. – № 1(43). – С. 67–74.
4. Привало А.Н. и др. Автоматическая балансировка нагрузки в гибридных вычислительных сетях // Изв. ТулГУ. – 2013. – Вып. 9. – Ч. 2. – С. 188–194.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ
НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ****А.В. Струевич****Научный руководитель – ассистент Д.А. Синев**

В работе исследовано воздействие лазерного излучения ближнего инфракрасного диапазона на силикатное стекло под тонким слоем сильнопоглощающей жидкости и на силикатную керамику под тонким слоем воды. Выявлено, что в таких условиях может быть произведена перфорация стекла, оптически прозрачного в обычных условиях, а при воздействии на керамику наблюдается появление тонкостенных стеклообразных сфер над областью воздействия.

Лазерная абляция неметаллов на сегодняшний день – стремительно растущее направление в исследовании взаимодействия лазерного излучения с веществом. Наряду с лазерной обработкой металлов, лазерное воздействие на неметаллические материалы также имеет свои преимущества, к примеру, локальность лазерного воздействия позволяет обрабатывать области порядка нескольких микрометров, что недостижимо для традиционных методов. К тому же при исследовании взаимодействия лазерного излучения с различными материалами в различных средах возникают возможности создания новых технологий обработки материалов или оптимизации уже известных технологий. Методы локальной разрушающей лазерной обработки неметаллических материалов также являются основой для ряда наукоемких технологий (изготовление фильер, размерная обработка пластин и пр.), при этом в настоящее время привлекают большой интерес методы влажной лазерной обработки твердых материалов (к примеру, влажная лазерная очистка [1]), позволяющие улучшить качество осуществляемой обработки. В то же время, однако, эффекты, сопутствующие влажной лазерной обработке (в том числе влажной перфорации) изучены преимущественно на металлах, а для неметаллов исследованы недостаточно подробно. Прецизионная лазерная обработка прозрачных материалов представляет собой сложную технологическую задачу, которая, как сообщается, может быть решена при облучении их под тонким слоем жидкой оптически непрозрачной среды. Исследованию подвергались системы сапфир – водный раствор солей щелочных металлов, имеющих разное значение прозрачности на длине волны генерации гольмиевого лазера ($\lambda = 2,92$ мкм) [2] и стекло – водный раствор сульфата меди, где в качестве источника излучения использовался Nd:YVO₄-лазер, генерировавший импульсы микросекундной длительности [3]. Лазерная перфорация керамических материалов на сегодняшний день широко применяется для качественного и производительного получения отверстий диаметром до 100 мкм. Такая обработка отличается от традиционных (в том числе механических) методов перфорации возможностью точного регулирования геометрических параметров отверстий. Существуют различные режимы лазерной перфорации неметаллических (в том числе керамики и стекла) материалов, в основном она производится на эксимерных или СО₂-лазерах [4–5], которые имеют некоторые недостатки, как в их эксплуатации, так и в точности обработки.

Целью настоящей работы являлось исследование процессов, сопутствующих лазерной абляции стеклообразных материалов, находящихся под слоем жидкости, при помощи твердотельного волоконного лазера, который значительно проще в эксплуатации и позволяет производить более точную обработку.

Основные задачи и методика исследования:

1. исследование особенностей абляции оптически прозрачного неметаллического материала (стекла), расположенного под тонким слоем жидкости, поглощающей лазерное излучение;

2. исследование особенностей абляции поглощающего неметаллического материала (керамики), расположенного под тонким слоем оптически прозрачной жидкости;
3. изучение возможности аддитивной модификации стенок формируемого отверстия при лазерной перфорации в случае, если жидкость термически нестабильна.

Исследовалось воздействие лазерного излучения ближнего инфракрасного (ИК) диапазона (длина волны $\lambda = 1070$ нм) на оптически прозрачное для данного диапазона стекло под слоем водного раствора сульфата меди, поглощающего излучение в данном диапазоне, и оптически непрозрачную силикатную керамику под слоем воды (рис. 1).



Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Наблюдение за процессом осуществлялось с помощью высокоскоростной камеры AOS X-Motion; оптические свойства образцов регистрировались при помощи микроскопа Carl Zeiss Axio Imager A1.m и микроскопа-спектрофотометра МСФУ-К.

Пластины силикатного стекла толщиной 4 мм, обладающие высокой степенью прозрачности в ближнем ИК диапазоне, находились в водном растворе CuSO_4 , толщина слоя раствора над поверхностью стеклянной пластины составляла 1 мм. Силикатная керамика, сильно поглощающая лазерное излучение, смачивалась оптически прозрачной для данного диапазона водой. Воздействие в обоих случаях осуществлялось импульсами с плотностью мощности порядка 8 ГВт/м^2 , длительностью 200 нс с частотой следования 20 кГц и временем воздействия 1–5 с.

К настоящему времени были проведены первичные эксперименты по лазерной абляции исследуемых материалов в жидкой среде. В результате экспериментов были получены отверстия с квазиконическим профилем диаметром порядка 100 мкм и глубиной около 1 мм. Также при лазерной перфорации стекла под слоем медного купороса были выявлены осадки на краях отверстия, предположительно, состоящие из меди, восстановленной из раствора (рис. 2).

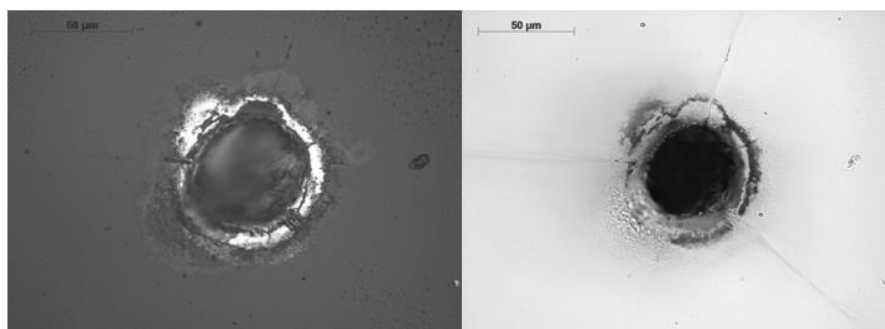


Рис. 2. Микрофотографии результатов лазерной перфорации силикатного стекла под слоем медного купороса

При исследовании режима влажной лазерной перфорации керамики, который отличается тем, что в момент облучения керамика находится под тонким слоем жидкости, был обнаружен не наблюдавшийся ранее феномен, заключающийся в образовании над поверхностью образца стеклообразных сфер диаметром до 1 мм. С помощью скоростной видеосъемки было зафиксировано, что их рост происходит вследствие инфляции пузыря из ванны расплава (рис. 3).

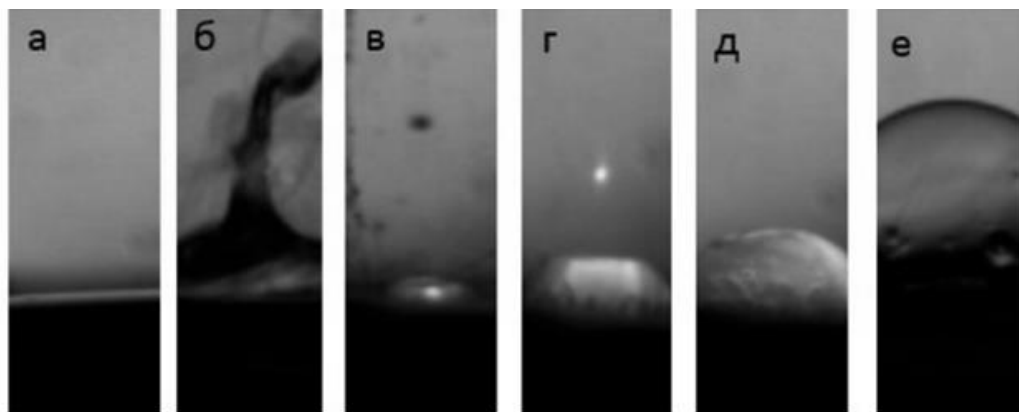


Рис. 3. Процесс образования стеклообразной сферы на поверхности керамики при ее влажной лазерной перфорации: до начала лазерного воздействия (а); начало лазерного воздействия (б); 0,18 с после начала воздействия (в); 0,37 с после начала воздействия (г); 0,5 с после начала воздействия (д); после лазерного воздействия (е)

Результаты и дальнейшие пути развития:

1. первичные эксперименты по влажной абляции стеклообразных материалов под тонким слоем жидкости показали, что таким образом оказывается возможным осуществление перфорации. Нахождение области рабочих режимов лазерного воздействия для оптимального качества получаемых отверстий представляется первоочередной задачей;
2. исследование зависимостей геометрических характеристик отверстий (диаметра, глубины, формы профиля) от параметров проведения эксперимента: параметров лазерного воздействия, смачивающей жидкости, высоты слоя жидкости над уровнем подложки и т.д. – как ожидается, позволит разработать методики управления параметрами результирующих отверстий;
3. обобщение результатов наблюдения за процессом перфорации позволит сформулировать физическую модель, описывающую механизм влажной лазерной абляции неметаллических материалов, существенно отличающейся от известного механизма сухой абляции наличием значительного поверхностного теплоотвода за счет наличия слоя испаряющейся жидкости;
4. показано, что лазерная перфорация стекла под слоем раствора сульфата меди сопровождается осаждением, предположительно, металлической меди по краям отверстий. Дальнейшие исследования будут проводиться как с более термически стабильными растворами, чтобы исключить процесс осаждения и наиболее точно исследовать сам процесс перфорации, так и, наоборот, с более термически неустойчивым раствором для проверки гипотезы о возможности осуществления перфорации одновременно с направленной аддитивной модификацией (металлизацией) стенок получаемых отверстий для широкого круга фотонных и микроэлектронных приложений;
5. исследование образовавшихся стеклообразных сфер на поверхности керамики позволит объяснить механизмы воздействия лазерного излучения на подобные неметаллические материалы, а также выявить новые перспективы использования технологий влажной лазерной обработки.

Литература

1. Вейко В.П., Самохвалов А.А. Исследование оптоакустического отклика при лазерной абляции твердых тел излучением волоконного лазера под тонким слоем жидкости // Оптический журнал. – 2014. – Т. 81. – № 5. – С. 88–93.
2. Долгаев С.И., Карасев М.Е., Кулевский Л.А., Симакин А.В., Шафеев Г.А. Растворение в сверхкритической жидкости как механизм лазерной абляции сапфира // Квантовая электроника. – 2001. – Т. 31. – № 7. – С. 594–596.
3. Huang Z.Q., Hong M.H., Do T.B.M., Lin Q.Y. Laser etching of glass substrates by 1064 nm laser irradiation // Appl. Phys. – 2008. – № 93. – P. 159–163.
4. Fraunhofer institute for reliability and microintegration IZM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.izm.fraunhofer.de/content/dam/izm/de/documents/Abteilungen/System_Integration_Interconnection_Technologies/Infoblaetter/Infoblatt_laser_drilling\(en\).pdf](http://www.izm.fraunhofer.de/content/dam/izm/de/documents/Abteilungen/System_Integration_Interconnection_Technologies/Infoblaetter/Infoblatt_laser_drilling(en).pdf), своб.
5. Laboratory of Johns Hopkins University and the University of Maryland [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.precisionmicrofab.com/case-studies/micro-drilling-glass/>, своб.

УДК 535.14

ПРОТОКОЛ НЕПРЯМОГО ИЗМЕРЕНИЯ ДИСПЕРСИИ КВАДРАТУР ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ДИНАМИЧЕСКОМ ЭФФЕКТЕ КАЗИМИРА А.И. Трифанов

Рассмотрена проблема детектирования фотонов электромагнитного поля резонатора, сгенерированного в результате динамического эффекта Казимира. В частности, исследовалась возможность измерения статистических свойств поля, подтверждающих его нетепловую природу. Предложен протокол непрямого фотодетектирования дисперсий квадратурных компонент.

Ключевые слова: не прямое фотодетектирование, сжатые состояния, динамический эффект Казимира, условные состояния.

Введение

Вакуумные флуктуации, предсказанные квантовой электродинамикой являются одним из фундаментальных эффектов, лежащих в основе нашего понимания квантовой физики. В середине 20-го века решение проблемы нормировки вакуума привело к предсказанию эффекта Казимира, экспериментальная проверка которого была проведена не так давно [1]. В 70-х годах были предсказаны еще несколько эффектов, тесно связанных с возбуждением вакуумных флуктуаций [2–4]. Одним из них был динамический эффект Казимира (ДЭК) [4–5] – процесс рождения фотонов из вакуума вследствие ускоренного движения границы резонатора [6]. В следующие четыре десятилетия проводилось теоретическое исследование спектральных и статистических свойств поля Казимира [7–11], а также предлагались различные варианты его наблюдения в лаборатории.

В частности, в этих работах было показано, что движение зеркала резонатора сопровождается сжатием одной из квадратур поля и межмодовым взаимодействием. Кроме чисто фундаментального интереса ДЭК может иметь важное прикладное значение, выражающееся в генерации параметрического излучения для систем квантовых коммуникаций и криптографии. В отсутствие возможности организации механического движения зеркала с частотой порядка

оптической, были предложены альтернативные возможности имитации этого движения в сверхпроводящих и полупроводниковых системах. Также рассматривались возможности изменения материальных свойств среды, заполняющей резонатор.

В 2011 году было объявлено об успешном эксперименте по наблюдению ДЭК в сверхпроводящей схеме. Используя сверхпроводящие устройства (SQUID), авторы реализовали имитацию движения зеркала с частотой в несколько гигагерц и наблюдали излучение Казимира в микроволновом диапазоне. Данная работа стимулировала дискуссию об эффективных процедурах измерения поля Казимира, а также о модификации статистических свойств этого поля вследствие его взаимодействия с измерительным устройством. Был предложен ряд квантово-оптических моделей измерительных процедур, результаты которых подтверждали бы нетепловой характер наблюдаемого поля.

Следует отметить, что детектирование электромагнитного поля в микроволновом диапазоне может осуществляться с использованием стандартной резонаторной КЭД и атомов-зондов. Более того, в сверхпроводящих схемах может быть реализована сильная связь между атомом и резонатором. Это стимулировало исследование применения протокола непрямого измерения для детектирования статистических свойств поля Казимира, представленное в настоящей работе.

Стандартный протокол непрямого фотодетектирования состоит из следующих шагов. Атом, приготовленный в основном состоянии, пропускается через резонатор, где он взаимодействует с модой электромагнитного поля. Сразу после этого атом облучается подстроечным импульсом классического поля, сопровождающегося детектированием атомного состояния. Исследование статистики отсчетов атомного детектора дает данные о статистических свойствах внутрирезонаторного электромагнитного поля. Данная техника детектирования дает богатые возможности в реализации слабых и неточных измерений, учитывая неидеальность измерительного устройства.

В настоящей работе был предложен протокол непрямого измерения для исследования статистических свойств поля Казимира. В частности, исследовалась возможность детектирования сжатия квадратурных компонент поля для подтверждения его неклассического состояния.

Эффективный гамильтониан ДЭК

ДЭК – это квантовый релятивистский процесс генерации фотонов из вакуума вследствие ускоренного движения границы резонатора или изменения материальных свойств среды. Динамика данного эффекта описывается эффективным гамильтонианом, состоящим из трех частей, одна из которых отвечает свободной эволюции мод резонатора, другая – механизму сжатия, и оставшаяся – межмодовому взаимодействию [7, 9] (здесь и далее $\hbar = 1$):

$$H_{eff} = \sum_k \omega_k(t) a_k^\dagger a_k + i \sum_k \xi_k(t) (a_k^{\dagger 2} - a_k^2) + \frac{i}{2} \sum_{j \neq k} \mu_{kj}(t) (a_k^\dagger a_j^\dagger + a_k^\dagger a_j - a_j a_k - a_j^\dagger a_k). \quad (1)$$

Здесь a_k , a_k^\dagger – операторы рождения и уничтожения k -ой моды; $\omega_k(t)$ – мгновенная частота, $\xi_k(t)$ and $\mu_{kj}(t)$ – коэффициенты, зависящие от геометрических свойств резонатора и закона механического движения границы.

Как было указано выше, основное внимание в работе будет уделяться свойствам, которые характеризуют сжатие квадратур квантового состояния поля. Исходя из этого, для упрощения модели, предложены условия, допускающие одномодовое приближение и процесс сжатия как основной и единственный механизм генерации фотонов в

выбранной моде. Для пространственно однородной диэлектрической проницаемости $\varepsilon(x, t) = \varepsilon(t)$ в отсутствие механического движения границы, получаем $\mu_{kj}(t) = 0$ и применимость одномодового приближения:

$$H_C = \omega_F(t) a^\dagger a + i\xi(t)(a^{\dagger 2} - a^2) = H_0 + H_{sq}, \quad (2)$$

$$\xi(t) = \frac{1}{4\omega_F(t)} \frac{d\omega_F(t)}{dt}. \quad (3)$$

Другими словами, целью исследования будет являться протокол измерения квадратурного сжатия состояния поля Казимира в вырожденном режиме генерации фотонов. Здесь необходимо отметить, что альтернативным решением поставленной задачи является гомодинирование, которое, однако, требует усиления квантового сигнала. Предложенный протокол данное требование не содержит.

Общий протокол непрямого детектирования ДЭК

Данный пункт содержит описание алгоритма детектирования статистических свойств поля Казимира. Начальное состояние поля резонатора предполагается вакуумным с оператором плотности ρ_{vac}^F . Двухуровневый атом, приготовленный в основном состоянии $\rho_0^A = |g\rangle\langle g|$, пропускается через резонатор, «собирает» информацию о результирующем состоянии поля ρ_{in}^F . Совместная эволюция атомно-полевой системы описывается гамильтонианом:

$$H_{a-f} = H_C + \frac{\omega_a}{2} \sigma_z + g_0 (a^\dagger \sigma_- + a \sigma_+) = H_C + H_A + H_{int}, \quad (4)$$

где H_C описывается выражением (2); ω_a – частота атомного перехода; $\sigma_z = |e\rangle\langle e| - |g\rangle\langle g|$, $\sigma_- = |g\rangle\langle e|$; $\sigma_+ = |e\rangle\langle g|$ – атомные операторы; $|g\rangle$ и $|e\rangle$ – основное и возбужденное состояние атома соответственно; g_0 – параметр связи.

Остановка движения границы перед началом фотодетектирования приводит вследствие высокочастотных осцилляций поля к неверным значениям квадратур, когда средние значения по времени выше, чем мгновенные. Действительно, из следующего выражения видно, что величина

$$\langle (Dq)^2 \rangle = \langle q^2 \rangle - \langle q \rangle^2 = \text{tr} [U_0^\dagger \cdot q^2 \cdot U_0 \rho_{sq}], \quad (5)$$

где $U_0 = \exp(-i\omega_f a^\dagger a t)$ – оператор свободной эволюции внутрирезонаторного поля; $\rho_{sq} = S(\xi) \rho_{vac}^F S^\dagger(\xi)$ – состояние сжатого вакуума; $\xi = r e^{i\theta}$ – параметр сжатия и q – одна из квадратур $x = (a + a^\dagger)/\sqrt{2}$ или $p = (a - a^\dagger)/(\sqrt{2}i)$, достигает среднего по времени значения

$$\overline{\langle (\Delta x)^2 \rangle} = \overline{\langle (\Delta p)^2 \rangle} = \text{sh}^2(r) + 1/2. \quad (6)$$

На следующем шаге протокола атом покидает резонатор и взаимодействует с классической модой подстроечного электромагнитного поля. Соответствующий гамильтониан имеет вид:

$$H_{ext} = H_A + (\Omega e^{-i\omega_e t} \sigma_- + \Omega^* e^{i\omega_e t} \sigma_+) = H_A + V_{ext}. \quad (7)$$

Здесь Ω – частота Раби классической моды; ω_e – частота моды и σ_\pm – атомные операторы, определенные выше. После взаимодействия атом попадает в детектор, где

определяется его состояние. Предполагая процедуру измерения идеальной, введем семейство проекторзначных мер:

$$P_r^A = |r\rangle\langle r|, \quad r \in \{g, e\}. \quad (8)$$

Вероятность соответствующего результата измерения r вычисляется следующим образом

$$P_r = Tr(\rho_{AF} P_r^A), \quad (9)$$

где $Tr(\mathbf{K}) = tr_A tr_F(\mathbf{K})$ – полный след операторов по пространствам атомных и полевых состояний и ρ_{AF} – совместное атомно-полевое состояние непосредственно перед детектированием состояния атома. Используя данное выражение, можно ввести семейство неортогональных мер, описывающих процесс непрямого фотодетектирования:

$$P_r = tr_F(tr_A(\rho_{AF} P_r^A)) = tr_F(\rho_{in}^F P_r^F) = tr_F(\rho_r^F), \quad (10)$$

где ρ_r^F – состояние электромагнитного поля резонатора, обусловленное процессом детектирования состояния атома.

Операторы условной эволюции для поля Казимира

Чтобы описать идею детектирования квадратурного сжатия, напомним, что финальное состояние поля Казимира является условным, т.е. зависит от результата детектирования атомного состояния. Оно может быть вычислено с использованием семейства операторов Крауса $\{K_r\}$, которые вводятся формально следующим образом:

$$tr_F(\rho_{in}^F P_r^F) = tr_F(\rho_r^F) = tr_F(K_r \rho_{in}^F K_r^\dagger). \quad (11)$$

Каждый из них действует на начальное состояние поля и отображает его на условное конечное состояние (согласно первой теореме о представлении):

$$\rho_{in}^F \rightarrow \rho_r^F = \frac{K_r \rho_{in}^F K_r^\dagger}{tr_F(K_r \rho_{in}^F K_r^\dagger)}, \quad r \in \{g, e\}. \quad (12)$$

Здесь $K_g(t)$ соответствует преобразованию полевого состояния, когда атом был детектирован в основном состоянии $|g\rangle$ в результате взаимодействия с резонатором за время t и $K_e(t)$ соответствует случаю детектирования возбужденного состояния атома. Отсюда можно вычислить вероятности данных событий

$$P_r^{(1)}(t) = \langle K_r^\dagger(t) K_r(t) \rangle_{in}, \quad r \in \{g, e\}. \quad (13)$$

Для дальнейшего будет также необходимо вычислять вероятность совместных событий, когда два последовательно пришедших атома детектируются в одинаковых состояниях после взаимодействия длившегося время t в каждом акте детектирования (аргумент t отброшен):

$$P_{rr}^{(2)}(t) = \langle K_r^\dagger K_r^\dagger K_r K_r \rangle_{in}, \quad r \in \{g, e\}. \quad (14)$$

Для получения аналитических оценок будем рассматривать приближение слабого взаимодействия

$$g_0 t \langle a^\dagger a \rangle = \tau \langle a^\dagger a \rangle = 1, \quad (15)$$

которое может быть реализовано за счет короткого времени взаимодействия атома с модой или за счет параметра связи. Используя первое условие, можно пренебречь изменением поля вследствие ДЭК в процессе его взаимодействия с атомом. Тогда

выражения для операторов Крауса принимают вид хорошо известных преобразований для модели Джейнса–Каммингса.

$$\begin{aligned} K_g(\tau) &= \cos\left(\tau\sqrt{a^\dagger a}\right), \\ K_e(\tau) &= -i a \sin\left(\tau\sqrt{a^\dagger a}\right) / \sqrt{a^\dagger a}. \end{aligned} \quad (16)$$

Используя выражение (15) в (16) для вычисления вероятности обнаружить атом в основном состоянии, получаем следующее выражение:

$$P_g^{(1)}(\tau) = \langle K_g^\dagger(\tau) K_g(\tau) \rangle = \langle 1 - \tau^2 a^\dagger a + K \rangle, \quad (17)$$

где было использовано разложение $P_g^{(1)}(\tau)$ в ряд до второго члена по τ . Это выражение может быть использовано, например, для определения среднего числа фотонов в резонаторе. Именно, из статистики щелчков детектора, соответствующих основному состоянию, можно вычислить значение следующего выражения:

$$\langle n \rangle = \langle a^\dagger a \rangle = -\frac{1}{2} \frac{d^2}{d\tau^2} P_g^{(1)}(0). \quad (18)$$

После этого реализуем взаимодействие между атомом и модой классического электромагнитного поля. Для $\Omega T = \pi/2$ реализуется следующий атомный оператор в представлении взаимодействия:

$$U_{ext} = \exp\left[-i \frac{\pi}{4} (\sigma_- e^{i\theta} + \sigma_+ e^{-i\theta})\right], \quad (19)$$

где $\theta = (\omega_e - \omega_a)T$ и T – время взаимодействия. Данному преобразованию соответствуют следующие операторы Крауса:

$$K_g \rightarrow \tilde{K}_g = \frac{1}{\sqrt{2}} [K_g + e^{-i\theta} K_e], \quad K_e \rightarrow \tilde{K}_e = \frac{1}{\sqrt{2}} [e^{i\theta} K_g + K_e]. \quad (20)$$

Тогда вероятности $P_g^{(1)}(\tau)$ и $P_g^{(2)}(\tau)$ детектировать один атом и два последовательно пришедших атома в основном состоянии могут быть разложены в ряды до второго порядка по τ

$$P_g^{(1)}(\tau) = \langle \tilde{K}_g^\dagger \tilde{K}_g \rangle = \frac{1}{2} \langle 1 + \sqrt{2}\tau Q + K \rangle, \quad (21)$$

$$P_g^{(2)}(\tau) = \langle \tilde{K}_g^\dagger \tilde{K}_g^\dagger \tilde{K}_g \tilde{K}_g \rangle = \frac{1}{4} \langle 1 + 2\sqrt{2}\tau Q + \tau^2 (2Q^2 - 1) + K \rangle. \quad (22)$$

При известной статистике отсчетов атомного детектора может быть вычислено среднее значение оператора $Q = \frac{e^{-i\theta} a - e^{i\theta} a^\dagger}{\sqrt{2}i}$ и его квадрата Q^2 , которые пропорциональны квадратурам поля и их дисперсиям:

$$\langle Q \rangle = \sqrt{2} \frac{d}{d\tau} P_g^{(1)}(0), \quad (23)$$

$$\langle Q^2 \rangle = \frac{d^2}{d\tau^2} P_g^{(2)}(0) + \frac{1}{2}. \quad (24)$$

Численный эксперимент. Обсуждение результатов

Для сравнения аналитических оценок с результатами численного моделирования предполагался периодический закон движения границы резонатора, соответствующий экспоненциальному росту числа фотонов в моде:

$$\omega_F(t) = \omega_0(1 + \varepsilon \sin \eta t). \quad (25)$$

Здесь $\eta = 2\omega_0$ и ε – глубина модуляции. Также были выбраны следующие параметры (в единицах гигагерц):

$$D = 0, \quad g_0 = 0,5 \cdot 10^{-3}, \quad \varepsilon \eta = 2 \cdot 10^{-3}, \quad (26)$$

где D – отстройка частоты моды от частоты атомного перехода.

На рис. 1 изображены основные статистические характеристики как функции времени взаимодействия между атомом и модой. Были рассмотрены случаи точного решения уравнения Шредингера с гамильтонианом (12)–(14) для атомно-полевого взаимодействия, сопровождающегося генерацией фотонов в ДЭК, а также приближенное решение этих уравнений в приближении (15)–(16), когда процесс генерации не учитывается.

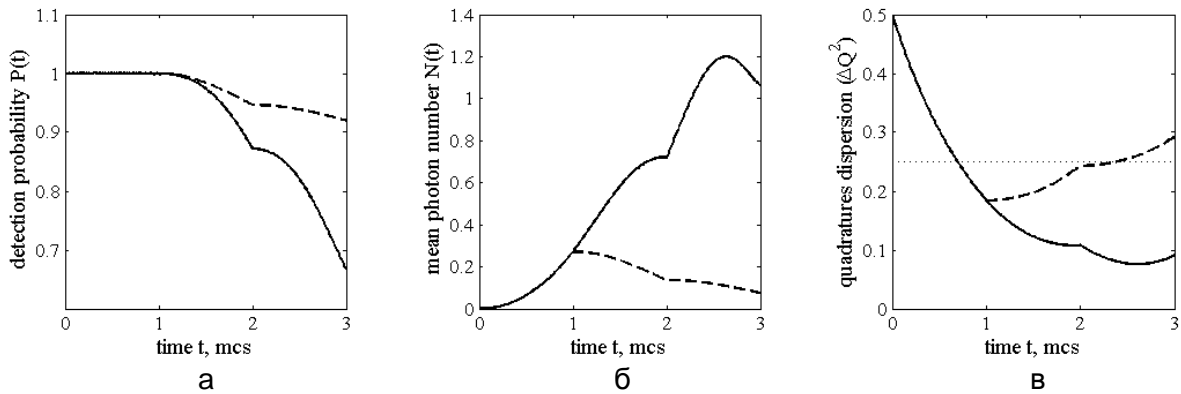


Рис. 1. Основные статистические характеристики условного состояния поля Казимира: вероятность детектирования атома в основном состоянии (а); среднее число фотонов (б) и дисперсия квадратуры X (в) как функции времени взаимодействия. Рассматривается два случая: присутствие (сплошная линия) и отсутствие (пунктирная линия) движения границы во время атомно-полевого взаимодействия

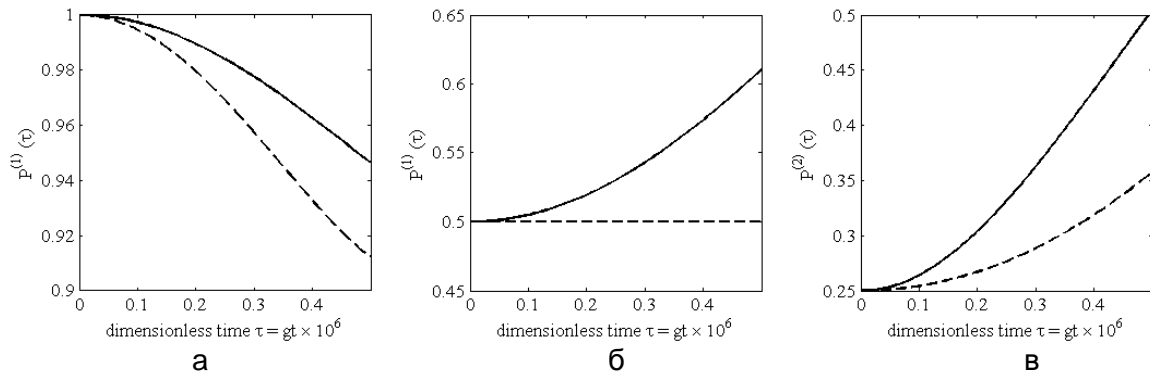


Рис. 2. Вероятности детектировать один (а, б) и два (в) последовательно пришедших атома в основном состоянии; в (б) используется дополнительное преобразование состояния атома. Сплошная линия соответствует точным выражениям полевых трансформеров, пунктирная линия – их разложениям в степенные ряды до второго порядка

На рис. 2 изображены вероятности обнаружить один (рис. 2, а, б) и два (рис. 2, в) последовательно пришедших атома в основном состоянии. На рис. 2, б, было использовано дополнительное взаимодействие с подстроечной модой классического поля. Сплошные линии соответствуют точным выражениям для трансформеров состояния поля, тогда как пунктирные линии – приближениям до второго порядка.

Безразмерное время взаимодействия τ выбиралось малым по сравнению с временным масштабом, принятым на рис. 1.

Используя полученные зависимости для вероятностей щелчков детектора атомных состояний, можно вычислить дисперсии квадратур и иные статистические характеристики исследуемого электромагнитного поля. Для примера, вычислим среднее число фотонов и дисперсию квадратуры X в результате ДЭК после генерации, длительностью 1 мкс. Отсюда получаем:

$$\langle n \rangle = \frac{d^2}{d\tau^2} P_g^{(1)} = 0,28, \quad \langle X \rangle = \sqrt{2} \frac{d}{d\tau} P_g^{(1)}(0) = 0, \quad \langle X^2 \rangle = \frac{1}{2} - \frac{d^2}{d\tau^2} P_g^{(2)}(0) = 0,18. \quad (27)$$

Заключение

В работе предложен общий протокол непрямого измерения статистических свойств поля Казимира, основанный на стандартной технике детектирования в КЭД-резонаторе. В частности, исследовались способы детектирования характеристик поля, которые подтверждают его неклассическую природу. В качестве таковых были выбраны дисперсии квадратур поля. Предложенный протокол имеет несомненное преимущество перед стандартной схемой гомодинного детектирования, так как позволяет без усиления поля Казимира детектировать его статистические свойства. В дальнейшем планируется исследовать влияние неидеальности измерительного устройства на погрешности результатов измерения, вызванные взаимодействием атома-зонда с внешним окружением.

Литература

1. Lamoreaux S.K. Demonstration of the Casimir Force in the 0.6 to 6 mm Range // Phys. Rev. Lett. – 1997. – V. 75(1). – P. 5–8.
2. Unruh W.G. Notes on black-hole evaporation // Phys. Rev. D. – 1976. – V. 14. – P. 870.
3. Hawking S.W. Black Holes in General Relativity // Commun. Math. Phys. – 1972. – V. 25. – P. 152.
4. Moore G. Quantum Theory of the Electromagnetic Field in a Variable Length One Dimensional Cavity // J. Math. Phys. – 1970. – V. 11. – P. 2679–2691.
5. Jaffe R.L. The Casimir Effect and the Quantum Vacuum // Phys. Rev. D. – 2005. – V. 72. – P. 021301-1–021301-5.
6. Sassaroli E., Srivastava Y.N., Widom A. Photon production by the dynamical Casimir effect // Phys. Rev. A. – 1996. – V. 50(2). – P. 1027–1034.
7. Law C.K. Effective Hamiltonian for the radiation in a cavity with a moving mirror and a time-varying dielectric medium // Phys. Rev. A. – 1994. – V. 49(1). – P. 433–437.
8. Dodonov V.V., Klimov A.B. Generation and detection of photons in a cavity with a resonantly oscillating boundary // Phys. Rev. A. – 1996. – V. 53(4). – P. 2664–2682.
9. Schutzhold R., Plunien G., Soff G. Trembling cavities in the canonical approach // Phys. Rev. A. – 1998. – V. 57(4). – P. 2311–2317.
10. Schutzhold R., Plunien G., Soff G. Quantum radiation in external background fields // Phys. Rev. A. – 1998. – V. 58(3). – P. 1783–1793.
11. Croce M., Dalvit D.A.R., Mazzitelli F.D. Resonant photon creation in a three-dimensional oscillating cavity // Phys. Rev. A. – 2001. – V. 64(1). – P. 013808(10).

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОРПОРАТИВНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

М.А. Фарашиани

Научный руководитель – к.т.н., доцент Л.А. Муравьева-Витковская

Разработана математическая модель корпоративной компьютерной сети и определены нагрузочные параметры, такие как коэффициент передачи, количество узлов и интенсивность потока пакетов данных. Показано влияние дисциплины обслуживания на эффективность функционирования компьютерной сети. Выполнена оценка качества функционирования корпоративной сети при разных уровнях нагрузки.

Введение

Исследование сложных систем предполагает построение математических моделей, представленных на языке математических отношений в терминах определенной математической теории, позволяющей получить функциональные зависимости характеристик исследуемой системы от параметров [1–3].

Математическая модель корпоративной компьютерной сети рассматривается как единый математический объект. Корпоративная компьютерная сеть как любая сеть массового обслуживания (СеМО-модель) состоит из нескольких систем массового обслуживания, ее можно изучать как единую систему, которая состоит из нескольких элементов – систем массового обслуживания (СМО) и связей между ними. В свою очередь, каждый элемент можно изучаться как целая система.

Постановка задачи

Любая система массового обслуживания содержит один или несколько каналов обслуживающих заявок. Заявки поступают в систему, накапливаются в очереди и ждут времени обслуживания. Заявка после обслуживания направляется на выход, и обслуживающий прибор вызывает следующую заявку на обслуживание (надо заметить, что в каждый момент времени может находиться только одна заявка в обслуживающем приборе).

В сети массового обслуживания заявки генерируются в источнике и по разному маршруту передаются по каналу через СМО. В данной математической модели интенсивностью генерирующих и передаваемых заявок по сети называем « λ », она определяется по формуле $\lambda=1/a$, где a – интервал времени между двумя соседними заявками.

В корпоративной компьютерной сети компании «Farashian» интервал времени между соседними заявками случайный и распределяется по закону $A_k(\tau_k)$, где $(k=1, 2, 3, \dots)$. Поток заявок является нестационарным, так как интенсивности потока заявок меняются со временем. Еще одной из важнейших характеристик является то, что поток заявок в компьютерной сети компании «Farashian» заключается в том, что они неординарные (в каждый момент времени может появиться одна или несколько заявок) и без последствия (заявки поступают независимо друг от друга).

Например, на коммутатор T1-G2 поступают заявки из разных источников (T1-J1, T1-N1, T1-N2, ...). Сумму этих поступающих заявок можно посчитать по формуле:

$$\Lambda = \sum_{k=1}^H \lambda_k,$$

где H – количество потока заявок $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_H$.

Длительность обслуживания (время нахождения заявки в приборе) в сети компаний «Farashian» имеет случайную величину, так как наша компьютерная сеть находится в категории «мультисервисная компьютерная сеть», т.е. поступающие заявки

в прибор имеют различные характеристики и, естественно, требования времени на обслуживание отличаются.

Интенсивность обслуживания считается по формуле:

$$\mu=1/b,$$

где b – это среднее время обслуживания.

Теперь рассмотрим коммутатор Cisco Catalyst WS-C2960, как один из базовых моделей в виде СМО. Его можно классифицировать по числу мест в накопителе, числу обслуживающих приборов, количеству классов заявок, поступающих в СМО.

На коммутаторе Cisco Catalyst WS-C2960 число мест в накопителе имеет ограниченную емкость (128 Мбит/с). В этом случае при выполнении память новых поступающих заявок теряется. Но так как вероятность потери заявки из-за переполнения буфера меньше 10^{-3} , то его можно рассматривать как систему с накопителем неограниченной емкости (без потерь).

По количеству обслуживающих приборов коммутатор Cisco Catalyst WS-C2960 рассматривается как одноканальная СМО, потому что он имеет один прибор для обслуживания [4–6].

Классов заявок, поступающих на коммутатор Cisco Catalyst WS-C2960 неоднородные, т.е. поступают несколько классов заявок.

В общем можно сказать, что компьютерная сеть компании «Farashian» имеет стохастические (процессы поступления и обслуживания заявок случайные), линейные (заявки не теряются, точнее вероятность потери заявок очень мала и не размножается), комбинированные (замкнуто-разомкнутые), неоднородные (разные длительности обслуживания, приоритет и маршрут), приоритетные характеристики.

Один из важнейших факторов при разработке математической модели компьютерной сети – это коэффициент передачи. Коэффициент передачи – это среднее число попаданий заявок в узел за время их нахождения в сети. В компьютерной сети компании «Farashian» каждая СМО имеет особенный коэффициент передачи и отличается от коэффициента передачи других СМО.

Например, коэффициент передачи на коммутаторе Cisco Catalyst WS-C2960 (T1-G2) равен 0,125, а на Cisco Catalyst WS-C2960 (T1-G1) равен 0,25.

Основной результат

Для описания СМО используются три группы параметров: структурные, нагрузочные, функциональные параметры [7–8].

К структурным параметрам СМО (в данном случае коммутатор T1-G1) относятся:

- количество приборов обслуживания – коммутатор T1-G1 имеет один прибор обслуживания;
- количество емкости накопителей – флэш-память 64 Мбит и память (DRAM) 128 Мбит.

Нагрузочные параметры коммутатора T1-G1 включают в себя:

- количество классов заявок, поступающих в систему (из-за того, что данный коммутатор – СМО с неоднородным потоком, то количество приборов больше 1);
- поток заявок распределяется по закону распределения $A_i(\tau)$.

Функциональные параметры коммутатора T1-G1 задаются в виде конкретных стратегий управления потоками заявок на коммутатор.

Режим функционирования коммутатора T1-G1 неустановившийся, т.е. его характеристики меняются со временем, и это говорит о том, что есть вероятность перегрузки системы (когда интенсивность поступления заявок больше интенсивности обслуживания).

Одно из требований СМО заключается в том, что интенсивность обслуживания должна быть больше, чем интенсивность поступления.

$$\lambda > K\mu \text{ или } \frac{\lambda b}{K} < 1,$$

где K – число обслуживающих приборов.

Как уже было сказано, на коммутатор Cisco Catalyst WS-C2960 в качестве СМО поступают неоднородные заявки (разные классы) с интенсивностями $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_H$ и средними длительностями обслуживания b_1, b_2, \dots, b_H , где H – количество классов поступающих заявок.

Для такого типа заявок используется суммарный поток по следующим формулам.

Интенсивность суммарного потока равна сумме интенсивности поступающих заявок:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^H \lambda_i. \quad (1)$$

Суммарная нагрузка Y :

$$Y = \sum_{i=1}^H y_i. \quad (2)$$

Суммарная загрузка R :

$$R = \min(\sum_{i=1}^H \rho_i, 1) \text{ при условии, что } R < 1:$$

- коэффициент простоя системы: $\eta = 1 - R$;
- среднее время ожидания W заявок:

$$W = \sum_{i=1}^H z_i w_i; \quad (3)$$

- среднее время пребывания U заявок:

$$U = \sum_{i=1}^H z_i u_i,$$

где $z_i = \lambda_i / \Lambda$ – коэффициент, учитывающий долю заявок класса i в суммарном потоке.

Сумма длины очереди:

$$L = \sum_{i=1}^H l_i. \quad (4)$$

Сумма числа заявок в системе:

$$M = \sum_{i=1}^H m_i. \quad (5)$$

Сумма среднего времени обслуживания:

$$B = \sum_{i=1}^H z_i b_i, \quad (6)$$

где $U = W + B$; $L = \Lambda W$; $M = \Lambda U$.

Для оценки эффективности функционирования компьютерной сети компании «Farashian» необходимо определить такие параметры как число узлов в сети, число обслуживающих приборов в узлах сети, матрица вероятностей передачи, интенсивность источника заявок, средние длительности обслуживания заявок и т.д.

Чтобы сеть работала без перегрузок, то каждый узел сети должен справляться с нагрузкой, иначе длина очереди увеличивается, и число заявок растет до бесконечности, и в результате будет потеря заявки или сбой системы. Для того чтобы в сети не было перегрузок, нагрузка любого узла должна быть меньше единицы.

$$\rho = \lambda_j b_j / K_j = \alpha_j \lambda_0 b_j / K_j < 1, j = 1, n. \quad (7)$$

В компьютерной сети компании «Farashian» существуют 6 разных СМО:

- компьютер с одноядерным процессором;
- компьютер с двухъядерным процессором;
- сервер с четырехъядерным процессором;
- коммутатор второго уровня TC-L 24;
- коммутатор второго уровня TC-L 8;
- коммутатор третьего уровня.

Компьютер с одноядерным процессором имеет следующие характеристики: производитель процессора – Intel; серия – Pentium 4 631; частота шины CPU – 800 МГц; рассеиваемая мощность – 86 Вт; частота работы процессора – 3,0 ГГц; объем кэш памяти 1 уровня – 16 КБ; оперативная память – DDR2 объемом 1 ГБ; объем жесткого диска – 160 ГБ; сетевая плата – 8P8C для витой пары 10 Мбит/с.

Компьютер с двухъядерным процессором имеет следующие характеристики: производитель процессора – Intel; серия – E5500; частота работы процессора – 2×2800 МГц; объем кэш памяти 1 уровня – 128 КБ; оперативная память – DDR3 объемом 2 ГБ; объем жесткого диска – 500 ГБ; сетевая плата – 8P8C для витой пары 10,100 Мбит/с.

Серверы TeamServer P4304 имеют: один четырехъядерный процессор Intel E3-1200, до 32 ГБ памяти ECCDDR3 1333 МГц, двухканальный контроллер памяти, быстродействие 21 ГБ/с, до 4-х дисков SAS/SATA с горячей заменой.

Коммутатор Cisco Catalyst 2960-24TC-L имеет 24 порта Ethernet 10/100 Мбит/с; доступная мощность PoE 123 Вт; флэш-память 64 МБ; память (DRAM) 128 МБ; макс. число сетей VLAN, 255; максимальный размер пакета (MTU) 9000 Б; скорость передачи трафика (пакет размером 64 Б) 77,4 млн. пакетов в секунду; индивидуальные MAC-адреса 8000; элементы управления доступом (ACE) MAC QoS для IPv4 128; рабочая температура на высоте до 5000 футов (1500 м) 5–45°C; относительная влажность при эксплуатации 10–95% без конденсации; звуковое давление максимально 45 дБ, среднее время безотказной работы (MTBF) 245 604 ч; измеренная потребляемая мощность (пропускная способность 100%) 27 Вт.

Коммутатор Cisco Catalyst 2960-8TC-L имеет 8 портов Ethernet 10/100 Мбит/с; флэш-память 64 МБ; память (DRAM) 128 МБ; макс. число сетей VLAN, 255; максимальный размер пакета (MTU) 9000 Б; скорость передачи трафика (пакет размером 64 Б) 2,7 млн. пакетов в секунду; индивидуальные MAC-адреса 8000; элементы управления доступом (ACE) MAC QoS для IPv4 128; измеренная потребляемая мощность (пропускная способность 100%) 36 Вт.

Коммутатор WS-C3750G-24T-S имеет 24 порта Ethernet 10/100 Мбит/с; флэш-память 16 МБ; память (DRAM) 128 МБ; число сетей VLAN 4000; максимальный размер пакета (MTU) 9000 Б; пропускная способность 32 Гбит/с; скорость передачи трафика (пакет размером 64 Б) 35,7 млн. пакетов в секунду; индивидуальные MAC-адреса 8000; элементы управления доступом (ACE) MAC QoS для IPv4 128; среднее время безотказной работы (MTBF) 210936 ч; измеренная потребляемая мощность (пропускная способность 100%) 169 Вт [8].

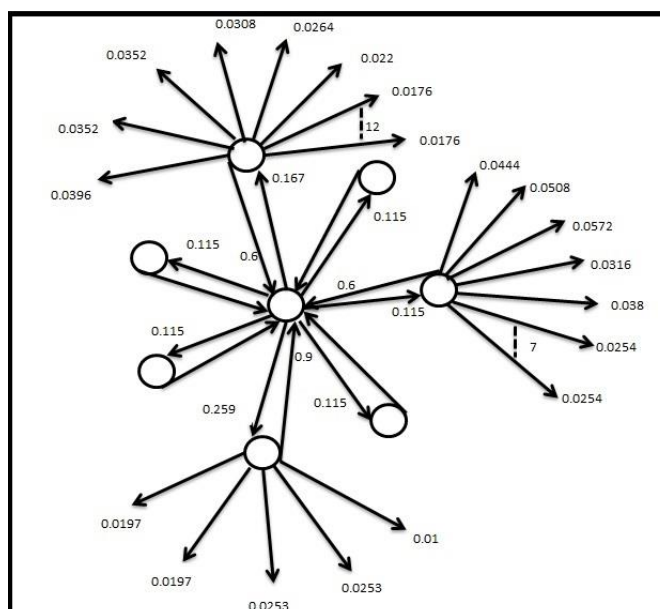


Рис. 1. СМО-модель корпоративной компьютерной сети компании Farashian

По структурным параметрам СМО компьютерной сети компании «Farashian» можно разделить на две группы: СМО с одним обслуживающим прибором (коммутаторы) и СМО с несколькими обслуживающими приборами (компьютеры,

серверы). И все они относятся к категории СМО с накопителем неограниченной емкости.

Рассмотрим пример, когда поступает в СМО несколько классов заявок с разными интервалами между заявками и с различными временами обслуживания. На рис. 1 показаны коэффициенты передачи заявок в разные коммутаторы.

Результаты моделирования

Некоторые СМО, как компьютер, имеют только один выход и заявки после обслуживания направляются на выход, а в таких СМО как коммутатор, который имеет несколько выходных портов, в зависимости от данных, находящихся в заголовке, определяется, в каком направлении отправится данная заявка.

Интенсивность, генерирующие и передаваемые заявки в каждом сегменте сети, имеет разные величины. В таблице показан средний объем передаваемых данных по каналу в каждом сегменте сети.

Таблица. Интенсивность передаваемых заявок в каждом сегменте сети

Рабочие станции	МБ/день	Рабочие станции	МБ/день	Сервер	МБ/день
Руководитель	2000	Руководитель	2000	Веб-сервер	14000
Главный технический наблюдатель	3500	Технический наблюдатель	3500	Веб-сервер	14000
Главный инженер	4000	Старший инженер	4000	FTP	18000
Главный бухгалтер	4500	Главный бухгалтер	4500	FTP	18000
Администратор	3000	Внутренний бухгалтер	3000	SMTP	7000
Секретарь	2500	Бухгалтер по работе с клиентами	2500		
Шоппинг	2000	Секретарь	2000		
Конференц-зал	4000	Рабочие станции	10000		

Количество передающих заявок на подсети сервера значительно больше, чем в других сегментах сети. Из данной таблицы можно сделать вывод, что одно из узких мест в нашей сети – это подсеть сервера.

Надо подчеркнуть, что средняя интенсивность передающих заявок в течение рабочего дня и интенсивность, которая передается в начале рабочего дня, меняется (рис. 2).

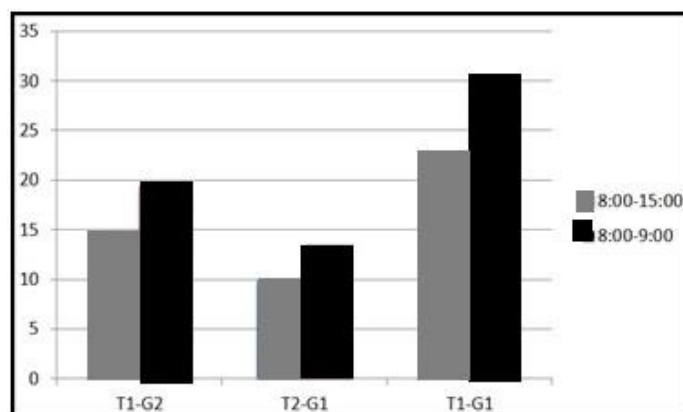


Рис. 2. Интенсивность передачи заявок в течение рабочего дня

Заключение

Создана концептуальная модель корпоративной компьютерной сети компании Farashian. Показан путь запроса от отправителя до получателя и процесс обработки данных на компьютере и коммутаторе.

Разработана математическую модель и определены нагрузочные параметры, такие как коэффициент передачи, количество узлов сети и интенсивность поступления пакетов данных. Показано влияние дисциплины обслуживания на качество функционирования корпоративной компьютерной сети. Рассчитана сумма затрат на реализацию корпоративной компьютерной сети компании Farashian.

Литература

1. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.
2. Алиев Т.И. Сети ЭВМ и телекоммуникации. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. – 399 с.
3. Воройский Ф.С. Информатика. Новый систематизированный толковый словарь-справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Физматлит, 2003. – 760 с.
4. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. Учебник для вузов. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 943 с.
5. Протоколы канального уровня и сетевые технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://net.e-publish.ru/p229aa1.html>, своб.
6. Базовые технологии локальных вычислительных сетей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.lessons-tva.info/edu/e-inf3/m3t1_3.html, своб.
7. FORUMCIT [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://citforum.ru/nets/protocols2/2_08_02.shtml, своб.
8. Периферийные устройства. Стандартные порты ввода-вывода. Технология Ethernet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bourabai.ru/einf/ethernet.htm>, своб.

УДК 663.885

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУХИХ ЭКСТРАКТОВ ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО СЫРЬЯ, ОБОГАЩЕННЫХ ФЛАВОНОИДАМИ, В КАЧЕСТВЕ КОНСЕРВАНТОВ В НАПИТКЕ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ, НАПРАВЛЕННОМ НА СНИЖЕНИЕ РИСКОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

А.Р. Хасанов

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

Флавоноиды являются большим классом растительных полифенолов – антиоксидантов. Наиболее богатыми источниками являются ягоды, из-за содержания в них красящих веществ, а также их листья, содержащие природные консерванты. Флавоноиды используют в качестве микрокомпонентов в сфере функционального и специализированного питания недавно. Однако использование флавоноидов в качестве консервантов в напитках специального назначения не изучено, но является очень актуальным. Такой контраст свойств флавоноидов может обеспечить экономическую выгоду. Необходимость применять консерванты с индексом Е не актуальна. Этот факт значительно повлияет на потребительский спрос. Источником биофлавоноидов выступают сухие экстракты плодово-ягодного сырья. В ходе работы была подобрана оптимальная концентрация экстрактов, обеспечивающая необходимое количество флавоноидов и при этом гарантирующая микробиологическую стабильность.

Введение

В настоящее время постепенное увеличение спроса на напитки специального назначения обусловлено желанием россиян вести здоровый образ жизни. Производители таких напитков нацелены разрабатывать напитки, действующие

на различные системы организма человека в зависимости от состава. Компонентный состав достаточно разнообразный.

Необходимо заметить, что использование только соков не совсем выгодно и правильно, так как содержание всех активных веществ, представляющие особую ценность, не всегда постоянно и стабильно из-за определенных факторов окружающей среды, таких как: климат, период сбора, почва, сезонная погода. Следовательно, их содержание не всегда будет соответствовать заявленному количеству. Использование сухих экстрактов позволит гарантировать фиксированное количество флавоноидов и тем самым обеспечивать микробиологическую стабильность. Доказано, что танины винограда подавляют рост дрожжей рода *Candida*. В ходе исследований 1% раствора сухого экстракта черной смородины было установлено, что он обладает постоянной бактерицидной активностью в отношении *Pseudomonas aeruginosa* (синегнойной палочки), а при повышении концентрации – слабой бактерицидной активностью в отношении *Staphylococcus aureus* (золотистый стафилококк).

Изучение консервирующего действия сухих экстрактов было проведено на напитке специального назначения на основе соков и чая. Компоненты напитка сами по себе обладают сильным антиоксидантным действием и благотворно влияют на внутренние системы организма, в частности, на сердечно-сосудистую систему, а именно укрепление стенок сосудов и предотвращение агрегации эритроцитов на стенках. Проанализировав ассортимент плодово-ягодных экстрактов, выбор был остановлен на экстракте листа черной смородины, экстракте кожицы черного винограда и экстракте гребней и косточки черного винограда. Выбор обусловлен тем, что эти экстракты наряду с остальными имеют самое большее содержание антоцианов и флавоноидов, а значит, и самое мощное антиоксидантное действие.

Для доказательства консервирующего действия флавоноидов были рассчитаны две смеси, состоящие из трех выбранных экстрактов с суммарным содержанием флавоноидов 57 мг/500 мл и 285 мг/500 мл. Также эти количества флавоноидов составляют 60% от нижнего предела суточной потребности и 60% от верхнего.

Так как в любой технологии производства напитка необходимым звеном является термообработка, то консервирующее действие флавоноидов изучалось до пастеризации и после пастеризации.

Микробиологический анализ непастеризованного напитка

Были сделаны два образца напитков с разными смесями экстрактов, которые описывались выше. Эти образцы исследовались на содержание микроорганизмов, результаты чего представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты микробиологического анализа напитка с разным количеством экстрактов

Наименование продукта напиток	Количество колоний КОЕ в 1 г	
	КМАФАнМ	Плесени
	Экспозиция через	
	72 ч $t=30-31^{\circ}\text{C}$	120 ч $t=24-25^{\circ}\text{C}$
Напиток без экстрактов	15	18
Концентрация флавоноидов 11,5 мг/100 мл	10	12
Концентрация флавоноидов 57 мг/100 мл	4	6

Исходя из результатов, можно сделать вывод о том, что чем больше концентрация экстрактов, тем меньше поражен напиток и, следовательно, экстракты подавляют рост микроорганизмов в напитках. Так как показатель при концентрации 57 мг/100 мл выше, то была выбрана концентрация 57 мг/100 мл.

Так как экстракты не полностью подавляют рост микроорганизмов, и их содержание в соответствии с СанПиН 2.3.2.1078-01 для соков и напитков фруктово-ягодных пастеризованных, газированных углекислотой с рН 3,7 и ниже относительно КМАФАнН в норме, чего нельзя сказать о содержании плесеней (более 5), то были выбраны температурные режимы, которые оказывают минимальные воздействия на нативные флавоноиды соков в напитке. Оптимальной температурой пастеризации будет $t=80-85^{\circ}\text{C}$ в течение 2,5–5 мин. После термической обработки в напиток вводились экстракты и, затем проводился повторный микробиологический анализ. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты анализа после термической обработки

Наименование продукта напиток	Количество колоний КОЕ в 1 г	
	КМАФАнМ	Плесени
	Экспозиция через	
	72 ч $t=30-31^{\circ}\text{C}$	120 ч $t=24-25^{\circ}\text{C}$
Напиток пастеризованный без экстрактов	5	6
Напиток пастеризованный – концентрация флавоноидов 11,5 мг/100 мл	3	4
Напиток пастеризованный – концентрация флавоноидов 57 мг/100 мл	0	1

Исходя из этого, можно сделать выводы о том, что пастеризация и применение экстрактов полностью уничтожают КМАФАнМ, и частично, плесни. Это дает право использовать экстракты как консерванты вместе с пастеризацией, которая усиливает микробиологическую стабильность. Содержание микроорганизмов находится в норме в соответствии с СанПиН 2.3.2.1078-01, для соков и напитков фруктово-ягодных пастеризованных, газированных углекислотой с рН 3,7 и ниже.

Так как с течением хранения напитка, содержание флавоноидов может падать, то было решено провести дополнительные исследования. Напиток ставился на хранение. Зависимость содержания флавоноидов в пастеризованном напитке с экстрактами от времени хранения приведены в табл. 3 и на рисунке.

Таблица 3. Зависимость содержания флавоноидов в пастеризованном напитке с экстрактами от времени хранения

Содержание флавоноидов, мг/л	Период хранения, сутки
823	0
797	30
755	60
732	90

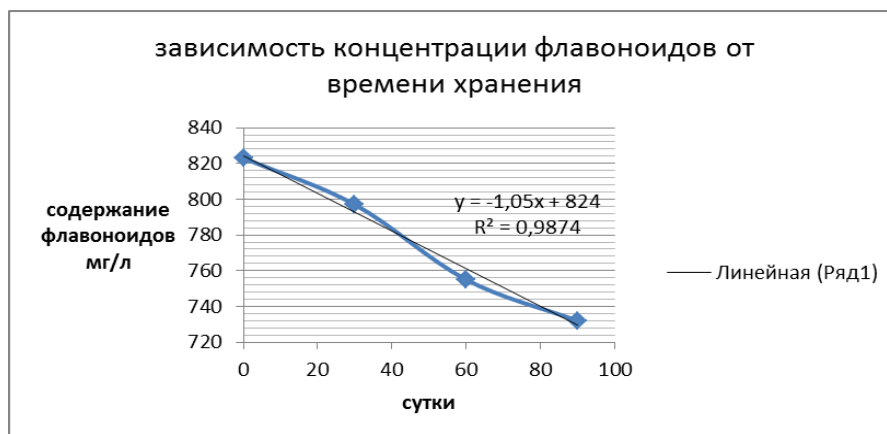


Рисунок. Зависимость концентрации флавоноидов от времени хранения

Уравнение регрессии имеет вид полиномиальной функции вида:

$$y = 0,0002x^3 - 0,0283x^2 - 0,2111x + 823;$$

$R^2 = 1$ (точность подбора уравнения регрессии).

Исходя из данных эксперимента, можно сделать вывод о том, что при хранении непастеризованного напитка с экстрактами в течение трех месяцев содержание флавоноидов падает. При расчете содержание активного компонента при хранении в течение трех месяцев упало на 11%.

Выводы

- В ходе исследований были рассчитаны смеси, состоящие из трех экстрактов для внесения в напиток после пастеризации, рассчитанное исходя из крайних пределов суточной дозы 100 мг/сут. и 500 мг/сут.
- Выбрана оптимальная концентрация флавоноидов – 0,57 мг/мл, обеспечивающая максимальную микробиологическую стабильность готового напитка.

Литература

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.terra-aromatica.ru/ekstrakty-c-54.html>, своб.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aromarti.ru/>, своб.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Флавоноиды>, своб.
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tryphonov.ru/tryphonov2/terms2/vitnP.htm>, своб.
5. Маркосов В.А., Агеева Н.М., Габля Р.В. Фенольные соединения в ягоде при разных условиях выращивания винограда // Виноделие и виноградарство. – 2007. – № 4. – С. 24–25.
6. Голубев В.Н., Чичева-Филатова Л.В., Шленская Т.В. Пищевые и биологически активные добавки: учебник для студентов вузов. – Изд. центр «Академия», 2003. – 208 с.
7. Хасанов А.Р., Юрьева Л.В. The usage of natural flavonoids in functional drinks // Молодой ученый. – 2015. – №3. – С. 298–300.
8. Sharma R. Market trends and opportunities for functional dairy beverages // The Australian journal of dairy technology. – 2005. – № 2. – Р. 196–199.
9. Догаева Л.А., Пехтерева Н.Т. Классификация и идентификационные признаки функциональных безалкогольных напитков // Пиво и напитки: науч.-теорет. и произв. журн. – 2011. – № 5. – Р. 62–65.
10. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. – Введен 01.09.2002.

УДК 535.3

МАСКИРУЮЩЕЕ ПОКРЫТИЕ НА ОСНОВЕ СРЕДЫ С УГЛОВОЙ ЗАВИСИМОСТЬЮ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Е.А. Гурвиц, С.А. Андронаки, А.В. Возианова, М.К. Ходзицкий

Предложено маскирующее покрытие с использованием аппарата трансформационной оптики на основе среды с угловой зависимостью материальных параметров, которая состоит из правосторонней и левосторонней сред. Эффект маскировки был численно промоделирован методом конечных элементов в терагерцевом диапазоне частот для различных типов источников излучения. Было показано влияние толщины маскирующей среды на эффект невидимости скрываемого объекта.

Ключевые слова: маскирующее покрытие, метаматериалы, терагерцевый диапазон частот.

Введение

В последнее время новый взгляд на материаловедение дали искусственные структуры, такие как метаматериалы. Развитие в области метаматериалов позволяет достичь новых эффектов, таких как сверхразрешение [1, 2], отрицательное преломление [3], пространственная маскировка [4–7], временная маскировка [8], частотный преобразователь [9], и т.д. Реализация этих эффектов стала возможной из-за необычных свойств материалов, таких как отрицательная диэлектрическая и магнитная проницаемость [10, 11], проницаемость, близкая к нулю [12], экстраординарных свойств материалов, например, графена [13, 14], или заданного пространственного распределения материальных параметров [15]. Последние наиболее часто используются для разработки покрытий, скрывающих объекты. Были разработаны и выполнены различные подходы [16–18] для сокрытия объектов от электромагнитного излучения, но наиболее привлекательным из них является подход трансформационной оптики [19, 20].

Для разработки маскирующих структур были рассмотрены два пространства, а именно, физическое пространство и виртуальное. Пространственное преобразование делает объект невидимым с помощью сжатия объекта в точку, в тонкую проволоку или плоскость в виртуальном пространстве. В виртуальном пространстве электромагнитная волна распространяется без препятствий, как если она проходит через вакуум. Таким образом, с использованием трансформационной среды, объект, расположенный в физическом пространстве, преобразуется и становится невидимым для волны, так что никакие волны не взаимодействуют с объектом. С точки зрения геометрии, физическое пространство деформируется при координатном преобразовании пространственной сетки, из-за того что электромагнитная волна в трансформационной среде распространяется по криволинейной траектории.

В отличие от предыдущих исследований настоящая работа посвящена исследованию ранее неизученного углового преобразования координат [21]. Это преобразование делает объект невидимым с помощью сжатия сектора физического пространства в луч. Главное преимущество этого подхода маскировки заключается в отсутствии экстремальных идеальных материальных параметров на внутренней границе структуры маскирующего покрытия по сравнению с радиальным преобразованием координат. Эффект маскировки достигается с помощью комбинации двух сред из метаматериалов. Первый материал может быть представлен правосторонней средой (ПСС), т.е. средой, в которой электрическое поле \vec{E} , магнитное поле \vec{H} и волновой вектор \vec{k} формируют правую тройку векторов, и второй материал является левосторонней средой (ЛСС) с левой тройкой векторов, соответственно. Предложенная конструкция сочетает в себе ПСС и ЛСС с угловыми зависимостями тензоров материальных параметров.

Аналитические результаты

В соответствии с нашими предыдущими результатами [21], рассмотрим соотношение между декартовыми координатами в физическом пространстве $x^i = (x, y, z)$ и виртуальном пространстве $x^{i'} = (x', y', z')$ выраженное в терминах цилиндрической системы координат в физическом (r, φ, z) и виртуальном (r', φ', z') пространствах через радиальное представление в обоих пространствах:

$$x = x' \frac{\cos(\varphi)}{\cos(\varphi')}, y = y' \frac{\sin(\varphi)}{\sin(\varphi')}, z = z', r = r'. \quad (1)$$

Матрица преобразования декартовых координат физического пространства в виртуальное пространство A :

$$A_j^i = \frac{\partial x^i}{\partial x^{i'}} = \begin{pmatrix} QS + C & T - QP & 0 \\ P - QT & S + QC & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где $Q = \det(\mathbf{A}) = \frac{d\varphi}{d\varphi'}$, $S = \sin(\varphi) \sin(\varphi')$, $C = \cos(\varphi) \cos(\varphi')$, $T = \cos(\varphi) \sin(\varphi')$.

Согласно теории, изложенной в [20], тензоры материальных параметров ε и μ и геометрия пространства в декартовых координатах связаны соотношением $\varepsilon = \mu = \frac{\mathbf{A}\mathbf{A}^T}{\det(\mathbf{A})} \varepsilon'$, где $\varepsilon' = 1$ – диэлектрическая проницаемость однородного виртуального пространства. Были получены тензоры диэлектрической и магнитной проницаемости среды с угловой зависимостью распределения материальных параметров:

$$\varepsilon_j^i = \mu_j^i = \frac{1}{Q} \begin{pmatrix} M_{11} & M_{12} & 0 \\ M_{21} & M_{22} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

где элементы 2×2 матрицы M определяются как:

$$\begin{pmatrix} Q^2 \sin^2(\varphi) + \cos^2(\varphi) & (1 - Q^2) \cos(\varphi) \sin(\varphi) \\ (1 - Q^2) \cos(\varphi) \sin(\varphi) & \sin^2(\varphi) + Q^2 \cos^2(\varphi) \end{pmatrix}.$$

Функция углового координатного преобразования из виртуального пространства в физическое пространство имеет следующий вид $\varphi = f(\varphi') = \frac{(\varphi_2 - \varphi_1)}{2\pi} \varphi' + b$, где b – постоянная и φ_1, φ_2 – углы маскирующего пространственного сектора как показано на рис. 1. Таким образом, дифференцирование функции приводит к выражению $Q = \frac{(\varphi_2 - \varphi_1)}{2\pi}$ для правосторонней среды и $Q = -\frac{(\varphi_2 - \varphi_1)}{2\pi}$ для левосторонней среды. Подставляя эти простые соотношения в выражение (3), можно получить тензоры диэлектрической и магнитной проницаемости среды для случая идеальной маскировки. Для согласования импедансов ($\varepsilon = \mu$) соотношение $n^2 = \varepsilon\mu$ может быть представлено в виде $n^2 = \det(\varepsilon)\varepsilon'$. Тензор показателя преломления построен из компонент тензора диэлектрической проницаемости из выражения (3):

$$n^2 = \begin{pmatrix} \varepsilon_{yy}\varepsilon_{zz} & -\varepsilon_{xy}\varepsilon_{zz} & 0 \\ -\varepsilon_{yx}\varepsilon_{zz} & \varepsilon_{yy}\varepsilon_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_{xx}\varepsilon_{yy} - \varepsilon_{yx}\varepsilon_{xy} \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Вычисление компонент n_{zz}^2 дает показатель преломления вакуума, который равен единице. Остальные ненулевые компоненты выражения (4) следующие: $n_{xx}^2 = \frac{1}{Q^2} \sin^2(\varphi) + \cos^2(\varphi)$, $n_{xy}^2 = n_{yx}^2 \left(1 - \frac{1}{Q^2}\right) \cos(\varphi) \sin(\varphi)$, $n_{yy}^2 = \sin^2(\varphi) + \frac{1}{Q^2} \cos^2(\varphi)$.

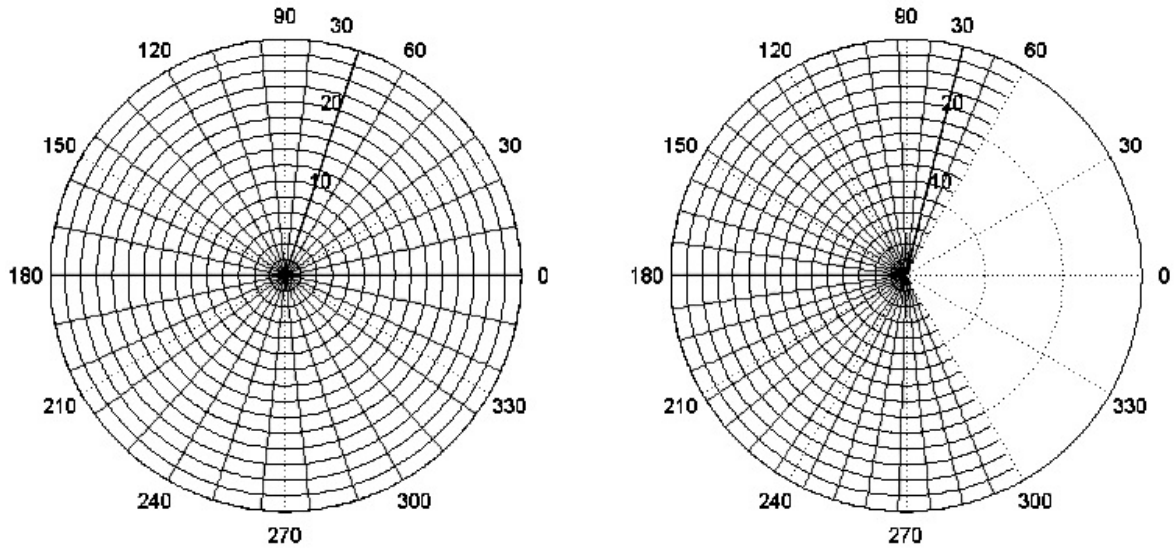


Рис. 1. Виртуальное пространство (а), физическое (преобразуемое) пространство (б)

Использование тензоров с недиагональными компонентами усложняет анализ сред и устройств на их основе. Исходя из этого, для решения этой проблемы были найдены собственные значения тензора в выражении (3):

$$\varepsilon_j^i = \mu_j^i = \text{diag}(Q^{-1}, Q, Q^{-1}). \quad (5)$$

Кроме того, собственные значения тензоров материальных параметров, полученных в декартовых координатах подобны собственным значениям в любых криволинейных координатах, например, цилиндрической системе координат. Тензор материальных параметров, как видно из соотношения (5), имеет только диагональные компоненты, которые являются вещественными постоянными величинами. Среда, описываемая тензором (5), представляет собой среду с цилиндрической анизотропией, которая не является природным материалом и должна быть сделана из метаматериалов. В отличие от тензора (5) тензор показателя преломления (4) в цилиндрических координатах имеет только диагональные компоненты:

$$n^2 = \text{diag}(1, Q^{-2}, 1). \quad (6)$$

Не трудно показать, что тензор материальных параметров (6) имеет только одну компоненту n_φ , которая определяет все параметры полученной среды. Дополнительное упрощение тензоров диэлектрической и магнитной проницаемости получены для ТЕ-поляризованной волны (7), а также для ТМ-поляризованной волны (8), соответственно:

$$\mu = \text{diag}(Q^{-2}, 1, 1), \quad \varepsilon = \text{diag}(1, 1, 1), \quad (7)$$

$$\mu = \text{diag}(1, 1, 1), \quad \varepsilon = \text{diag}(Q^{-2}, 1, 1). \quad (8)$$

Тензоры (7)–(8) должны упростить процесс изготовления маскирующей среды, который не рассматривается в данной работе.

Результаты моделирования

Моделирование структуры маскирующего покрытия было проведено с использованием метода конечных элементов в частотной области. Маскирующее покрытие и цилиндрический объект были помещены в воздушную коробку. Были применены рассеивающие граничные условия для краев воздушного пространства. Источник был помещен на левой границе пространства. Схема установки численного моделирования показана на рис. 2.

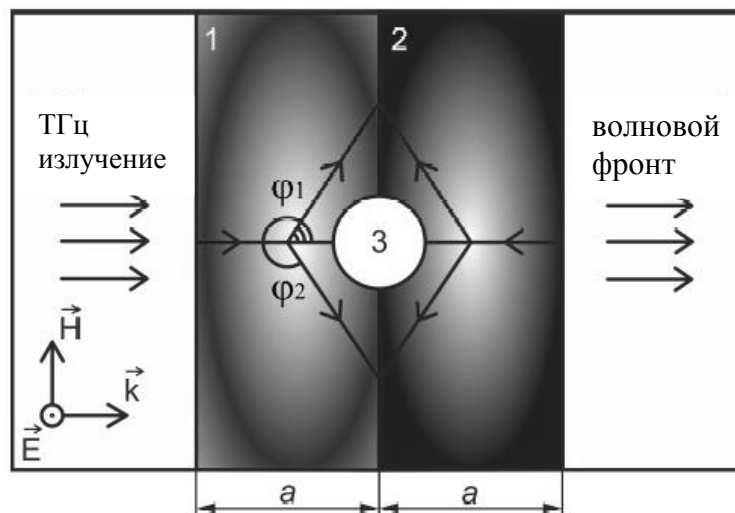


Рис. 2. Схема установки численного моделирования: 1 – правосторонняя среда; 2 – левосторонняя среда; 3 – объект

Возбужденная волна проходит через правостороннюю среду, которая разделяет волну, после этого преломленные волны распространяются в левосторонней среде, где расщепленные волны объединяются, и их волновой фронт восстанавливается после всей структуры. После преломления на границе ППС и ЛСС, часть энергии

превращается в поверхностные плазмоны, которые не ослабляются из-за идеальных материальных параметров, используемых в модели. Хотелось бы особо подчеркнуть, что среда с материальными параметрами (3) работает как всенаправленный пространственный светоделиватель.

Разделение происходит, когда волна проходит через геометрическое начало системы координат среды. В связи с этим пластина толщины a и расстоянием a между началами координат в двух средах играет очень важную роль для эффекта маскировки. Расстояние между началами координат в двух средах и угол ромба $\Delta\varphi = 360 - (\varphi_2 - \varphi_1)$ для случая симметричной структуры определяют максимальную площадь ромба скрываемого пространства.

Область определяется соотношением $S_{obj} = 0,5a^2 \text{tg}\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right)$. Следовательно, площадь маскируемого пространства будет увеличена при увеличении толщины пластины из метаматериала. Увеличение отношения радиуса объекта к толщине пластины приводит к генерации незатухающих поверхностных волн, потому что тензоры материальных параметров из выражений (3)–(8) были получены без потерь.

Таким образом, для маскирующей среды, основанной на материалах с зависимостью от угла материальных параметров, увеличение толщины пластины делает маскируемую область более удобной и позволяет скрыть объекты очень больших размеров.

Была изучена производительность маскирующего покрытия для различных типов источников, таких как источник цилиндрических волн, источник плоских волн для нормального и наклонного падения волны. Как видно на рис. 3, эффект невидимости не зависит от типа источника электромагнитного волнового и условий падения волны.

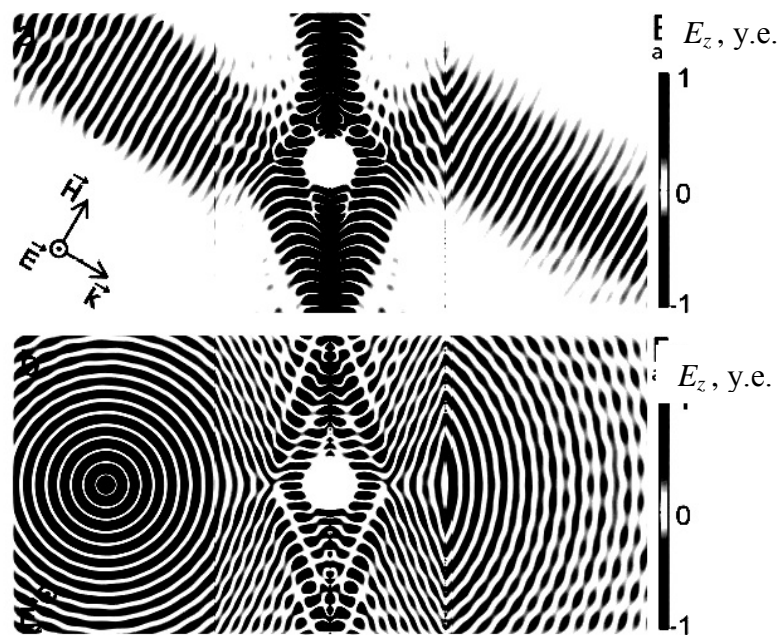


Рис. 3. Распространение плоской волны при угле падения $\frac{\pi}{6}$ (а) и цилиндрической волны через маскирующее покрытие (б). Моделирование было проведено на частоте 0,1 ТГц

Выводы

Были получены тензоры для угловых зависимостей материальных параметров левосторонних и правосторонних сред, которые составляют маскирующую среду, для идеального случая и упрощенных случаев ТМ- и ТЕ-поляризованных волн. Структура маскирующего покрытия была смоделирована при помощи метода конечных элементов

на частоте 0,1 ТГц. Было показано, что эффект маскировки не зависит от типа источника электромагнитного излучения и условий падения волны.

Литература

1. Fang N., Lee H., Sun C., Zhang X. Sub-diffraction-limited optical imaging with a silver superlens // *Science*. – 2005. – V. 308. – № 5721. – P. 534–537.
2. Jacob Z., Alekseyev L.V., Narimanov E. Optical hyperlens: far-field imaging beyond the diffraction limit // *Optics express*. – 2006. – V. 14. – № 18. – P. 8247–8256.
3. Shelby R.A., Smith D.R., Schultz S. Experimental verification of a negative index of refraction // *Science*. – 2001. – V. 292. – № 5514. – P. 77–79.
4. Cai W., Chettiar U.K., Kildishev A.V., Shalaev V.M. Optical cloaking with metamaterials // *Nature photonics*. – 2007. – V. 1. – № 4. – P. 224–227.
5. Xi S., Chen H., Wu B.-I., Kong J.A. One-directional perfect cloak created with homogeneous material // *Microwave and Wireless Components Letters, IEEE*. – 2009. – V. 19. – № 3. – P. 131–133.
6. Han T., Tang X., Xiao F. Open cloaks via embedded optical transformation // *Microwave and Wireless Components Letters, IEEE*. – 2010. – V. 20. – № 2. – P. 64–66.
7. Wang X., Chen F., Semouchkina E. Implementation of Low Scattering Microwave Cloaking by All-Dielectric Metamaterials // *Microwave and Wireless Components Letters, IEEE*. – 2013. – V. 23. – № 2. – P. 63–65.
8. Fridman M., Farsi A., Okawachi Y., Gaeta A.L. Demonstration of temporal cloaking // *Nature*. – 2012. – V. 481. – № 7379. – P. 62–65.
9. Gurvitz E.A., Voizanova A.V., Khodzitskiy M.K. Tunable frequency converter for terahertz frequency range based on space-time transformation // *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series*. – 2014. – V. 9160. – P. 91602.
10. Smith D.R., Padilla W.J., Vier D.C., Nemat-Nasser S.C., Schultz S. Composite medium with simultaneously negative permeability and permittivity // *Physical review letters*. – 2000. – V. 84. – № 18. – P. 4184.
11. Terekhov Y.E., Khodzitskiy M.K., Grachev Y.V., Sedykh E.A., Belokopytov G.V., Zhang X.C. The influence of period between U-shaped resonators on metasurface response at terahertz frequency range // *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series*. – 2013. – P. 88062Q–88062Q-7.
12. Garcia N., Ponizovskaya E.V., Xiao J.Q. Zero permittivity materials: Band gaps at the visible // *Applied physics letters*. – 2002. – V. 80. – № 7. – P. 1120–1122.
13. Rana F. Graphene terahertz plasmon oscillators // *Nanotechnology, IEEE Transactions on*. – 2008. – V. 7. – № 1. – P. 91–99.
14. Denisultanov A.K., Azbite S.E., Khodzitskiy M.K. Excitation of surface waves in the photonic crystal/graphene structure for terahertz frequency range // *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series*. – 2014. – V. 9160. – P. 91602T.
15. Gurvitz E.A., Andronaki S.A., Gusev S.I., Soboleva V.Y., Nazarov Y.D., Khodzitskiy M.K. Development of 3D Anisotropic Artificial Dielectric Metamaterial for THz Frequency Range // *PIERS Proceedings*. – 2014. – P. 2715–2718.
16. Ma H.F., Cui T.J. Three-dimensional broadband ground-plane cloak made of metamaterials // *Nature communications*. – 2010. – V. 1. – P. 21.
17. Edwards B., Alu A., Silveirinha M.G., Engheta N. Experimental verification of plasmonic cloaking at microwave frequencies with metamaterials // *Physical review letters*. – 2009. – V. 103. – № 15. – P. 153901.
18. Gurvitz E.A., Sedykh E.A., Khodzitskiy M.K. Nonlinear cloaking at microwave frequencies // *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series*. – 2012. – P. 845532–845532-6.

19. Leonhardt U. Optical conformal mapping // Science. – 2006. – V. 312. – № 5781. – P. 1777–1780.
20. Leonhardt U., Philbin T. Geometry and light: the science of invisibility. – Mineola, New-York: Dover Publication, Inc., 2010. – 278 p.
21. Gurvitz E.A., Vozianova A.V., Khodzitsky M.K. Simulation of beam-splitter made of metamaterials with angle spatial distribution of constitutive parameters based on transformation optics for THz frequency range // Journal of Physics: Conference Series. – 2014. – V. 541. – № 1. – P. 012067.
22. Carbonell J., Torrent D., Diaz-Rubio A., Sanchez-Dehesa J. Multidisciplinary approach to cylindrical anisotropic metamaterials // New Journal of Physics. – 2011. – V. 13. – № 10. – P. 103034.

УДК 53.089.68, 543.08

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ТАБАЧНОЙ ПЫЛИ В ОРГАНИЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКАХ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ТАБАЧНОЙ ОТРАСЛИ

Ю.В. Цесь

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ю.А. Кустиков

В работе рассматриваются анализаторы пыли, применяемые для контроля содержания взвешенных частиц в промышленных выбросах предприятий. Проведен сравнительный анализ анализаторов пыли. Проведены исследования метрологических характеристик выбранного анализатора пыли на стендовом объекте и на реальном источнике выбросов. Разработана методика измерения массовой концентрации табачной пыли.

Ключевые слова: табачная пыль, промышленные выбросы, анализаторы пыли, методика измерений, средства измерений.

Охрана окружающей среды признана в настоящее время одной из главных государственных задач. Согласно № 7-ФЗ от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды», «хозяйственная и иная деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, юридических и физических лиц, оказывающая воздействие на окружающую среду, должна осуществляться на основе следующих принципов [1]:

- обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека;
- охрана, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов как необходимые условия обеспечения благоприятной окружающей среды и экологической безопасности».

Однако в настоящее время число технологических процессов, связанных с приготовлением, применением и переработкой пылящих сыпучих материалов непрерывно возрастает. Пыль стала одной из наиболее распространенных вредных примесей, как в атмосферном воздухе, так и в воздушной среде производственных помещений.

Цель настоящей работы заключалась в разработке методики измерений массовой концентрации табачной пыли анализатором FW 102 в выбросах табачных производств.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. изучение нормативных документов, регламентирующих контроль промышленных выбросов;
2. анализ аппаратуры, применяемой для контроля взвешенных частиц в промышленных выбросах;

3. исследование метрологических характеристик анализатора пыли на испытательном стенде и реальном объекте;
4. разработка обобщенного алгоритма для методики измерения массовой концентрации табачной пыли в выбросах табачных производств;
5. разработка текстового документа для методики измерения массовой концентрации табачной пыли в источниках выбросов табачных предприятий с помощью анализатора FW 102.

Для контроля пылегазовых выбросов в промышленных условиях применяют следующие методы:

1. гравиметрический;
2. оптический;
3. трибоэлектрический;
4. электродинамический [2, 3].

Гравиметрический метод измерения концентрации пыли заключается в выделении частиц из пылегазового потока с последующим осаждением их на аналитическом фильтре.

Оптические методы основываются либо на измерении ослабления интенсивности излучения за счет его поглощения частицами пыли, либо на регистрации рассеянного светового потока, отраженного от этих частиц.

Трибоэлектрический метод основан на эффекте контактного обмена зарядами движущихся частиц пыли с измерительным электродом, расположенным в металлическом газоходе.

При электродинамическом методе контроль массовой концентрации пыли происходит путем определения на измерительном электроде наведенной индукции, служащей мерой общего заряда частиц, проходящих вблизи зонда.

Высокая чувствительность, практическая безынерционность и непрерывность измерений делают оптические и электрические методы незаменимыми при получении мгновенных значений концентрации пыли в промышленных выбросах, выявлении причин аварий на технологическом оборудовании.

Вместе с тем гравиметрический метод, признанный референтным, чаще используют для калибровки и периодической проверки автоматических анализаторов пыли, диагностики эффективности пылеулавливающего оборудования, проведении арбитражных анализов и контрольных проверок [2].

В ходе работы был проведен сравнительный анализ аппаратуры, применяемой для контроля содержания взвешенных веществ в выбросах промышленных предприятий. Для исследований был выбран анализатор табачной пыли FW 102 (рис. 1), так как он обладает наименьшей стоимостью из проанализированных, и требовалось оценить его возможности [4].



Рис. 1. Внешний вид анализатора табачной пыли FW 102

Основные этапы разработки методики измерений включали в себя:

1. выбор аппаратуры;
2. проведение исследований метрологических характеристик аппаратуры применительно к реальному объекту – табачной пыли:
 - стендовые исследования метрологических характеристик;
 - исследования метрологических характеристик на реальном источнике выбросов;
3. разработка алгоритма методики и подготовка текстового документа для методики измерений массовой концентрации табачной пыли.

Стендовые исследования проводились на базе ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева». Выбранный для исследований вариант подключения устройства к газоходу представлен на рис. 2.

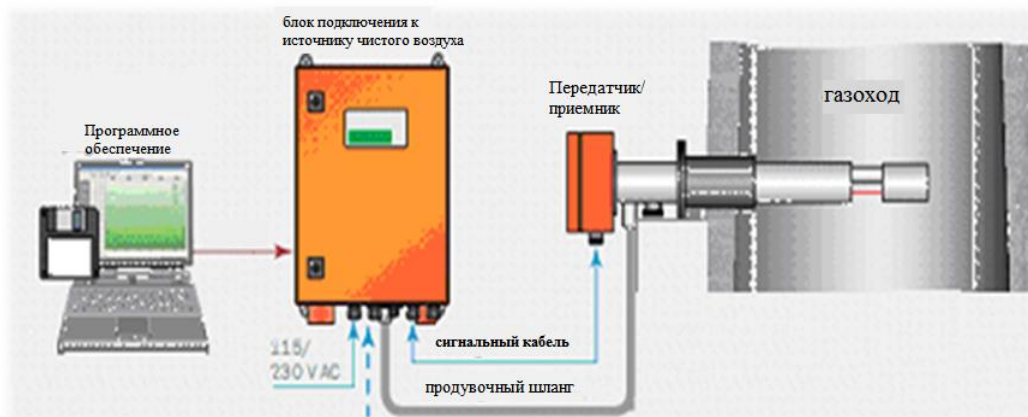


Рис. 2. Схема подключения анализатора табачной пыли FW 102 к газоходу

Исследование метрологических характеристик анализатора включало в себя следующие этапы:

1. экспериментальное исследование погрешности результата измерения массовой концентрации при стабильном дисперсном составе аэрозоля;
2. оценка влияния дисперсного состава аэрозоля на показания анализатора FW 102;
3. влияние угла поворота датчика анализатора относительно оси трубопровода на показания анализатора;
4. оценка погрешности результата измерения массовой концентрации аэрозоля анализатором FW 102.

По данным, полученным в процессе исследования, были сделаны следующие выводы:

1. представленный на испытания анализатор FW 102 может использоваться для контроля выбросов при постоянном дисперсном составе пыли;
2. обязательно проведение градуировки прибора и периодического контроля на источнике выбросов гравиметрическим методом или его аналогом, например, радиоизотопным анализатором массовой концентрации типа ДАСТ-1-Э с погрешностью 10–12%;
3. нижний предел измерения анализатора FW 102 в лабораторных условиях при постоянном дисперсном составе пыли находится в пределах $0,7\text{--}1,0\text{ мг/м}^3$. Относительная погрешность измерения 20%;
4. при исследовании метрологических характеристик анализатора FW 102 на реальном источнике выбросов ЗАО «Лигgett-Дукат», следует выбирать источник, в котором среднее значение массовой концентрации табачной пыли не менее $0,7\text{ мг/м}^3$. Диаметр газохода не должен превышать 0,4 м.

Цель исследований метрологических характеристик на реальном объекте – исследование метрологических характеристик (МХ) устройства для измерения пыли

FW SE 102 1" NL180 фирмы Sick Maihak (Германия) на реальном источнике выбросов предприятия ЗАО «Лигgett-Дукат».

В процессе работы были изучены нормативные документы, регламентирующие контроль промышленных выбросов на территории Российской Федерации, а также нормативные документы регламентирующие контроль промышленных выбросов на территории Евросоюза.

Изучена аппаратура для контроля содержания взвешенных частиц в промышленных выбросах, проведен сравнительный анализ и осуществлен выбор анализатора пыли.

Проведены исследования метрологических характеристик анализатора на испытательном стенде и реальном объекте, проведен анализ полученных результатов исследований.

Сформулированы требования и исходные данные для разработки методики измерений. Разработан обобщенный алгоритм методики измерений.

В соответствии с ГОСТ Р 8.563-96 «ГСИ. Методики выполнения измерений» разработан текстовый документ методики измерения массовой концентрации табачной пыли в источниках выбросов табачных предприятий с помощью анализатора FW 102 [5].

Литература

1. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ (Принят ГД ФС РФ 20.12.2001).
2. Швыдкий В.С. Очистка газов, справочное издание. – М.: Машиностроение, 2001. – 501 с.
3. Грин Х. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы. – М.: Книга по требованиям, 2012. – 214 с.
4. Коузов П.А., Мальгин А.Д., Скрыбин Г.М. Очистка газов и воздуха от пыли в химической промышленности. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Химия, 1993. – 320 с.
5. ГОСТ Р 8.563-96 Методики выполнения измерений. – Введен 01.07.1997. – ИПК Изд-во стандартов, 1996. – 20 с.

УДК 004.912

СВЯЗЬ УЗЛОВ СЕМАНТИЧЕСКОГО ГРАФА С МЕТАДАННЫМИ В CASE-СИСТЕМАХ

Е.А. Цопа

Результат семантического анализа текста может быть представлен в виде графа. В случае использования результатов семантического анализа текста в CASE-системах, появляется необходимость связи узлов полученного графа с различными ресурсами, характерными для этих систем (бинарными файлами, UML-диаграммами и так далее). Таким образом, возникает задача добавления метаданных к узлам полученного семантического графа.

Ключевые слова: семантический анализ, текст на естественном языке, CASE-системы, метаданные.

Введение

Семантический анализ текста в настоящее время достаточно часто используется при решении широкого спектра задач в различных областях, связанных с информационными технологиями – в частности, в системах автоматического перевода текстов, в семантическом вебе и в экспертных системах [1]. Одной из активно развивающихся областей применения семантического анализа являются CASE-системы, где он может быть применен для автоматической категоризации и связи друг с другом различных артефактов внутри этих систем – документации, файлов исходных кодов, комментариев к ревизиям в репозитории и так далее [2].

Постановка задачи

Результат семантического анализа текста всегда может быть представлен в виде графа, в котором сущности играют роль узлов, а правила их взаимодействия – ребер графа [3]. Результат анализа простого предложения: «Завод печет пирожки с капустой» приведен на рис. 1.

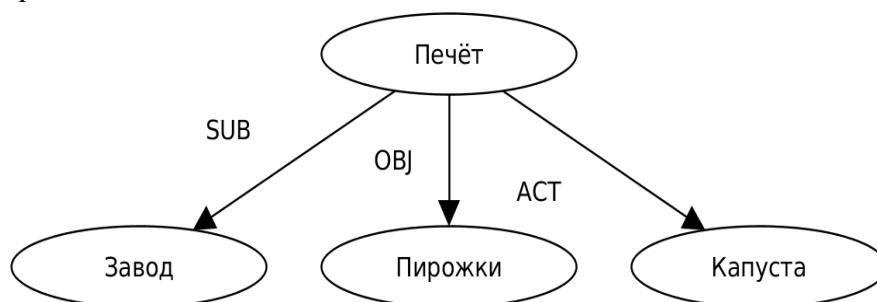


Рис. 4. Результат семантического анализа простого предложения

При этом помимо текста на естественном языке проект в составе CASE-системы содержит множество других артефактов – файлов исходных кодов, бинарных файлов, UML-диаграмм и т.д. Таким образом, если семантический анализ текста используется в составе CASE-системы, появляется необходимость связи узлов полученного в его результате графа с различными ресурсами системы. Вследствие этого возникает задача добавления в граф метаданных, которые реализуют эту связь [4].

Дополнительные требования

Определим, какие дополнительные требования, обусловленные практическими задачами, предъявляются к разрабатываемому подходу связи узлов графа с метаданными. Во-первых, такая связь должна быть двухсторонней – со стороны узла графа должна быть возможность получить список связанных с ним ресурсов, а со стороны каждого ресурса – список связанных с ним узлов графа. Во-вторых, нужна возможность фильтрации ресурсов по их атрибутам – типу ресурса, имени файла и так далее. В-третьих, подход должен быть независим от используемого хранилища информации – базы данных, в которой хранится семантический граф; т.е. смена используемой системы управления базами данных не должна приводить к необходимости модификации модуля интеграции.

Помимо этого, важно учитывать, что в различных CASE-системах используются различные виды ресурсов, доступ к которым также может быть организован различным образом – к примеру, через файловую систему или SQL-запросы к реляционной базе данных. Например, в одном проекте может использоваться репозиторий на базе SVN, а в другом – на базе git, а в третьем – исходный код может храниться в «самописном» репозитории, построенном на базе СУБД Oracle. В связи с этим разрабатываемый подход должен учитывать это и позволять связывать узлы семантического графа с произвольными внешними ресурсами без внесения изменений в архитектуру и исходный код модуля интеграции.

Еще одно требование является следствием того, что современные хранилища семантической информации обычно являются модульными и расширяемыми – в них реализован импорт данных из внешних источников и интеграция с внешними семантическими сетями (например, WordNet или BabelNet). Таким образом, разрабатываемый подход должен позволять связывать ресурсы как с локальными узлами графа, так и с узлами, хранящимися во внешних хранилищах семантической информации.

Подходы к решению задачи

В процессе работы были предложены два подхода к решению поставленной задачи. Во-первых, можно модифицировать семантический граф таким образом, чтобы метаданные сохранялись непосредственно в его узлах (рис. 2).

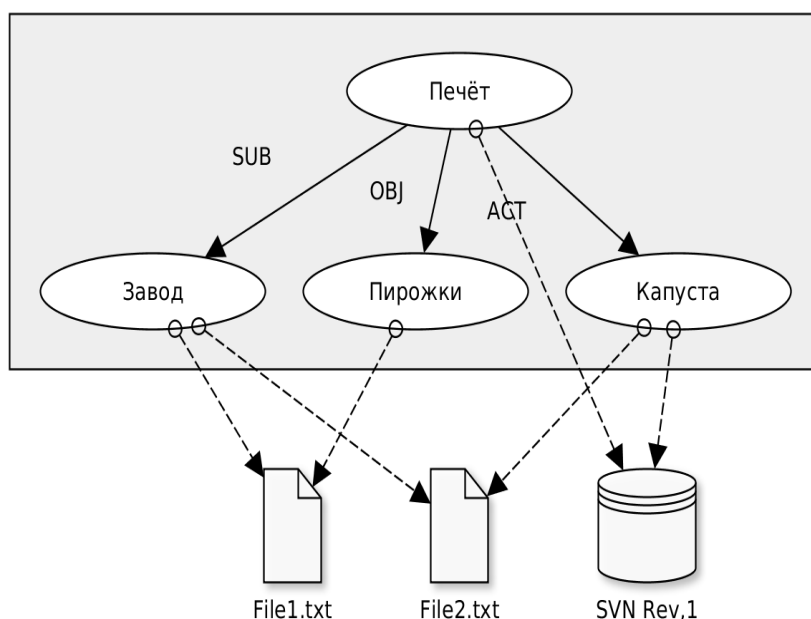


Рис. 5. Хранение метаданных в узлах семантического графа

В качестве преимуществ такого подхода следует отметить сохранение простой структуры графа в хранилище, сохранившей полное соответствие результатам семантического анализа. Недостатками являются плохая связность модели (ссылки на метаданные не имеют никакого отношения к результатам семантического анализа текста) и неудобство работы с внешними ресурсами на уровне графа – получение ссылки на внешний ресурс требует обращения к какому-либо узлу семантического графа, который ссылается на этот ресурс.

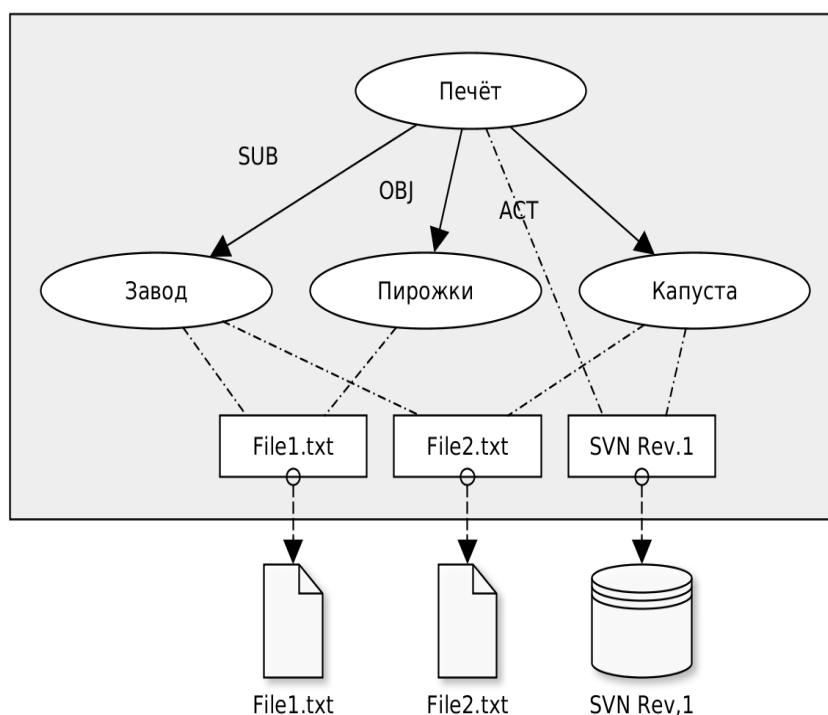


Рис. 6. Хранение метаданных в отдельных узлах графа

Второй подход – создание отдельного «слоя» для метаданных на уровне хранилища. В этом случае узлы исходного семантического графа не модифицируются, а все метаданные содержатся в новых узлах, по сути дела, являющихся проксирующими объектами, через которые осуществляется доступ к внешним ресурсам (рис. 3).

Преимуществами такого подхода являются хорошая связность модели, возможность работы с внешними ресурсами без необходимости доступа к узлам семантического графа, возможность удобной фильтрации метаданных и отсутствие дополнительных накладных расходов при работе с семантическим графом. В качестве недостатка такого подхода можно отметить большее количество узлов и связей, и, как следствие, большую потенциальную сложность анализа графа в хранилище.

В результате проведенного сравнительного анализа преимуществ и недостатков для реализации был выбран второй подход – хранение метаданных в отдельных узлах графа.

Разработанное решение

На основе выбранного подхода был разработан программный продукт, позволяющий сохранять семантический граф и связывать его узлы со ссылками на внешние ресурсы. Обобщенная диаграмма пакетов разработанного решения приведена на рис. 4.

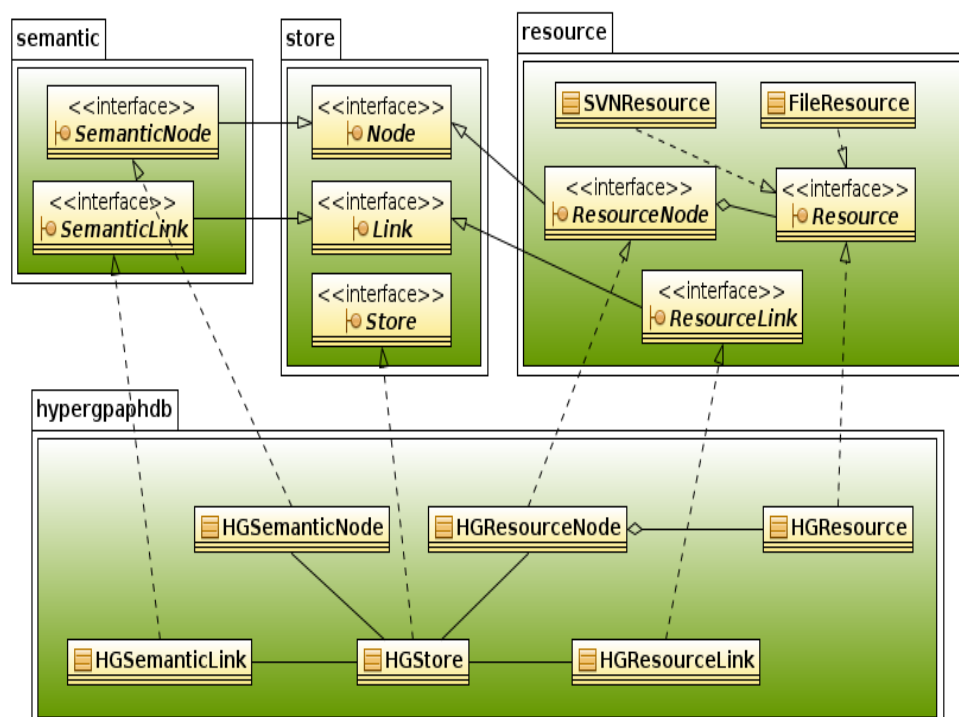


Рис. 7. Архитектура разработанного программного продукта

Программный продукт был реализован на языке Java, т.е. он является кроссплатформенным. В качестве хранилища была использована графовая СУБД HypergraphDB [5], но выбранный подход позволяет заменить ее на любое другое хранилище данных – для этого достаточно разработать для этого хранилища драйвер, реализующий базовый интерфейс Store.

На первом этапе была реализована поддержка только двух видов ресурсов – файлов в файловой системе, и ресурсов в системе контроля версий, но добавление поддержки новых видов ресурсов не требует какой-либо существенной модификации

продукта – достаточно добавить новые классы, реализующие базовый интерфейс Resource.

Доступ к функционалу разработанного продукта может осуществляться двумя способами – либо непосредственно через вызовы API, либо с помощью REST API веб-сервиса.

Выводы

В процессе работы был проведен анализ способов связи узлов графа с метаданными, предложена архитектура хранилища и осуществлена ее практическая реализация. В ходе дальнейшей работы планируется замена используемой СУБД с HyperGraphDB на OrientDB и интеграция хранилища с разрабатываемой системой семантического анализа.

Литература

1. Сокирко А. Технологии автоматической обработки текста [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aot.ru/technology.html>, своб.
2. Computer Aided Software Engineering. In: FFIEC IT Examination Handbook InfoBase [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ithandbook.ffiec.gov/it-booklets/development-and-acquisition/development-procedures/software-development-techniques/computer-aided-software-engineering.aspx>, своб.
3. Сокирко А. Семантические отношения, используемые в модуле поверхностно-семантического анализа «Диалинг» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aot.ru/docs/SemRels.htm>, своб.
4. Зараковский А.В., Клименков С.В., Ткаченко Н.И., Харитонов А.Е. Основные принципы решения задачи преобразования объектно-ориентированного кода в формат RDF средствами семантического анализа // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 2 (72). – С. 123–127.
5. HyperGraphDB Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hypergraphdb.org/index>, своб.

УДК 338.45

ПРОБЛЕМЫ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК В РОССИИ

О.А. Цуканова

В связи с активным развитием рынка научно-технической продукции актуальной проблемой становится изыскание рациональных способов коммерциализации результатов научных разработок. В работе авторы выявляют и анализируют проблемы, связанные с реализацией процесса коммерциализации результатов научной деятельности в России, предлагают рациональные пути их решения для повышения результативности коммерциализации.

Ключевые слова: коммерциализация, научно-техническая продукция, проблемы коммерциализации, результативность.

В современных рыночных условиях экономика страны может считаться эффективной при условии осуществления постоянной инновационной деятельности по приоритетным направлениям научно-технического развития. Использование результатов научной деятельности в различных отраслях является основой мировой экономики и ее динамичного развития. Несмотря на финансовые кризисы и сложный переходный период к рыночной экономике в 90-х годах XX века к настоящему времени

Россия сохранила свой высокий научно-технический потенциал. Рынок технологических инноваций, в том числе и инновационных научно-технических разработок стабильно развивается (рисунок) [1].

Коммерциализация представляет собой процесс разработки и реализации ряда мероприятий, с помощью которых результаты научных исследований и опытно-конструкторских работ можно предложить на рынках товаров и услуг с коммерческими целями. В настоящее время в России наблюдается множество проблем на пути к результативной коммерциализации научных разработок. Часть разработок, которые можно было бы использовать при небольших доработках в коммерческих целях на рынке, так и остаются теоретическими моделями.

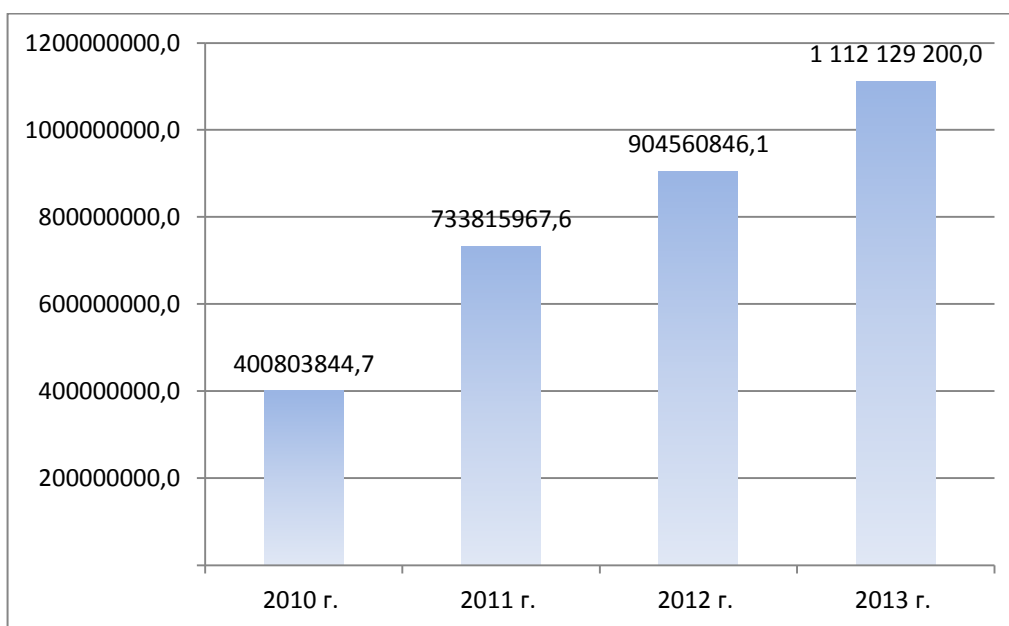


Рисунок. Затраты на технологические инновации организаций в Российской Федерации за период 2010–2013 гг., тыс. руб.

Среди проблем коммерциализации, с которыми могут столкнуться разработчики и потенциальные инвесторы инновационных научно-технических разработок, следует отметить следующие:

1. незаинтересованность разработчиков научно-технического продукта в его дальнейшей эффективной коммерциализации на рынке;
2. незавершенность научных разработок с точки зрения возможности их коммерческого использования. Иначе говоря, существует лишь базовый вариант товара-разработки с рядом функциональных характеристик, которые необходимо доработать, чтобы придать разработке все необходимые свойства товара с точки зрения маркетинга. Часто результат научной работы отображает основные свойства и характеристики будущего товара, но при этом не ясно, какую нишу он займет на рынке и будет ли он конкурентоспособным;
3. поверхностный характер большинства рыночных исследований для разработки. Решением проблемы может стать проведение рыночных исследований, направленных на определение спроса на разрабатываемый товар, выявление основных свойств продукта, которые интересны для потенциальных покупателей подобной продукции, доработка научной разработки до состояния, при которой она может считаться товаром, составление прогноза предполагаемой доходности проекта с учетом всех преобразований;
4. проблема поиска необходимых финансовых средств для доведения разработки до рынка, проблема привлечения инвесторов, которые будут готовы взять на себя все риски, связанные с бизнес-проектом. Для решения данной проблемы целесообразно

рассмотреть разные варианты финансирования. Во-первых, проанализировать возможности получения бюджетного финансирования на безвозвратной основе на начальной и последующих стадиях реализации проекта посредством участия в конкурсах грантов, подачи заявок в фонды, специализирующиеся на оказании прямой финансовой и информационной помощи разработчикам научной продукции. Финансирование, предоставляемое государственными программами и фондами для проектов по коммерциализации технологий, как правило, не несет обязательств по возврату денежных средств, оно позволяет профинансировать этап исследования и создания разработки, получить стартовый капитал для создания нового предприятия.

Во-вторых, при реализации дорогостоящих проектов целесообразно использования средств венчурного финансирования. Недостатки венчурного финансирования заключаются в том, что решения по проектам принимаются достаточно долго, предпочтения отдаются инновационным индустриям с высоким потенциалом роста.

В-третьих, небольшие суммы инвестиций для проектов можно получить от «бизнес-ангелов», которые инвестируют локально в тот или иной сектор бизнеса, в котором они имеют некоторый опыт. При этом решения по финансированию принимаются достаточно быстро. В данном случае возможны несовпадения в процессе совместной работы интересов сторон.

Чтобы привлечь инвесторов, необходимо иметь четко выделенные конкурентные преимущества данного прибора, а также провести комплексный анализ рыночных перспектив разработки. Для этого целесообразно привлечь специальные службы коммерциализации научно-исследовательских разработок [2].

Целевая направленность хозяйственной деятельности организационно-правовых структур, оказывающих финансирование и поддержку разработчикам инновационной научно продукции, заключается в: создании условий для успешной коммерциализации научных разработок; продвижении наиболее перспективных проектов в целях привлечения частных инвестиций для дальнейшей реализации; представлении перспективных проектов на выставках, форумах, конференциях, семинарах и так далее; в оказании помощи в подготовке документации для защиты интеллектуальной собственности, организации участия в различных конкурсах, выставках;

5. отсутствие механизма адекватной оценки коммерческой привлекательности научных разработок. Данная проблема связана с тем, что многие ученые уделяют больше внимания поиску финансовых средств для продолжения начатых исследований и не занимаются коммерциализацией уже законченных, не учитывают интересы инвесторов и механизмы финансирования современного рынка интеллектуальной собственности, поверхностно оценивают окупаемость своих разработок и их прибыльность в перспективе.

Следует отметить, что при продвижении разработки на рынок и оценке ее коммерческой привлекательности, необходимо уделять значительное внимание проведению маркетинговых исследований, составлению бизнес-плана, так как грамотные и обоснованные предварительные расчеты помогут избежать многих рисков в перспективе;

6. недостаток знаний у разработчиков в области грамотной юридической защиты объектов интеллектуальной собственности и их рыночного использования. Для устранения данной проблемы разработчикам рекомендуется обращаться к специалистам в области интеллектуальной собственности уже на самом раннем этапе, когда разработка технологии только планируется. Это позволит значительно сократить временные и материальные издержки при последующем оформлении интеллектуальной собственности и устранить возможные риски. Следует отметить,

что патентование является способом защиты интеллектуальной собственности, для которого установлены правила регистрации. Данный способ является одной из наиболее сложных проблем в процессе коммерциализации [3]. Практика показывает, что продажа патента целесообразна, если он используется при массовых продажах и составлен так, что обойти его невозможно.

В России в начале XXI века наблюдается рост числа выданных патентов и поступивших патентных заявок [1].

Таблица. Поступление патентных заявок и выдача патентов в России

2005 год				2011 год				2012 год			
Подано патентных заявок		Выдано патентов		Подано патентных заявок		Выдано патентов		Подано патентных заявок		Выдано патентов	
на изобретения	на полезные модели	на изобретения	на полезные модели	на изобретения	на полезные модели	на изобретения	на полезные модели	на изобретения	на полезные модели	на изобретения	на полезные модели
23644	9082	19447	6958	26495	12584	20339	10571	28701	13479	22481	11152

7. проблемы, связанные с лицензированием технологии. Такие проблемы могут возникнуть при поиске лицензиата. Высокие юридические издержки при лицензировании также значительно влияют на бюджет разработчиков. Стоит понимать, что доходы от лицензирования гораздо ниже, чем от создания Start-up компании. При использовании данной модели предприятие-разработчик будет получать лишь вознаграждение по лицензионному соглашению и не сможет участвовать в иных доходах компании-лицензиата. При этом возможна перспектива снижения дохода в ситуации морального устаревания интеллектуальной собственности и последующего отказа компании-лицензиата от ее использования [3].

Для решения всех этих проблем необходима осторожность при выборе лицензиата (который в дальнейшем захочет эксплуатировать товар) и правильный выбор способа коммерциализации разработки.

Таким образом, в настоящей работе сформулированы основные проблемы, которые могут возникнуть в процессе коммерциализации результатов научно-технических разработок. Предложенные меры, направленные на решение конкретных проблем коммерциализации, должны способствовать успешному продвижению разработок на рынок и повышению результативности их коммерческого использования.

Литература

1. Официальная статистика. Наука и инновации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/science_and_innovations/science/, своб.
2. Морозов Ф.А. Методы формирования моделей и механизма коммерциализации инноваций. – СПб., 2008.
3. Бутрюмова Н., Виноградов В. Коммерциализация университетских разработок. НИУ ВШЭ, 2012.

4. 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.
5. Яновский А. Как финансировать проекты по коммерциализации технологий. – Проект EuropeAid «Наука и коммерциализация технологий», 2006. – 47 с.

УДК 004.65

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БАЗАМИ ДАННЫХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Г.Б. Цымжитов

Научный руководитель – к.т.н., доцент Т.Е. Войтюк

В работе произведен сравнительный анализ систем управления базами данных в рамках приближенного анализа к мягкому реальному времени. В ходе исследования выработана рекомендация по выбору системы управления базами данных реального времени для возможности применения на беспилотных летательных аппаратах.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, СУБД реального времени.

Целью настоящей работы является сравнительный анализ систем управления базами данных (СУБД) в рамках приближенного анализа к мягкому реальному времени (РВ). В ходе исследования выработана рекомендация по выбору СУБД РВ для возможности применения на беспилотных летательных аппаратах.

Предметом исследования явилась вариативность коэффициента ускорения обработки и увеличения объема хранения с учетом сравнительного анализа СУБД и применения рекомендации.

Повышение эффективности обработки информации является актуальной задачей информационным систем, в которую входят системы хранения данных. Требования к скорости выполнения запроса постоянно растут, а также и сами данные растут, что в конечном итоге, приводит к росту вычислительных затрат. Рост производительности оборудования решает проблему, как показывает практика, лишь отчасти. Особенно в условиях ограничения роста это производительно неактуально, что приводит к поиску иных путей решения.

Одним из путей повышения эффективности является нормализация данных, архивация старых сведений на другие носители и изменения запросов в СУБД. Другим является выбор иного СУБД, изменение архитектуры информационным систем.

Научная новизна и теоретическая значимость

В работе рассмотрены способы решения нескольких задач путем сравнительного анализа, а также комплексного метода тестирования производительности и последующего анализа.

При разработке и применению устройств, таких как БПЛА, необходимо учитывать, что в условиях модернизации конструкции и расширении сферы применения БПЛА быстро развивается конкуренция, для получения конкурентного преимущества достижением операционного превосходства при обработке и хранении данных.

Для обработки и хранения сведений, предоставляемых с многоканальных датчиков летательного аппарата, преимущественно используют производственную СУБД.

СУБД РВ относительно реляционной дисковой СУБД имеет встроенные возможности сбора данных за счет простоты интеграции с системами SCADA, например, TRACE MODE 6 и SIAD/SQL 6. Но при этом необходимо понимать, что при работе в схеме, где программное обеспечение сбора равносильно встроенной возможности СУБД реального времени и постобработка в реляционной СУБД, то данная схема очень надежна и проста в работе по причине модульной архитектуры.

Необходимо учитывать факт, что СУБД РВ оптимизирован на запись больших объемов информации в ограниченных ресурсах, таких как жесткие ограничения по оперативной памяти, жесткие ограничения по внешней памяти, частые непредсказуемые сбои питания и ограниченное время на перезапуск. Например, SIAD/SQL за 1 мс может записать более миллиарда параметров [1], тем временем СУБД MySQL с подсистемой низкого уровня InnoDB при оптимизированной конфигурации при 50 тыс. записях – в среднем 14,63 мс [2].

Эффективность хранения данных и их сжатие достигается в СУБД РВ разными путями, исходя из открытых источников, циклическая база данных (round robin database, RRD) консолидирует данные во время записи, что ускоряет запрос в дальнейшем, а сам циклический алгоритм хранения эффективно сжимает данные.

СУБД реального времени подразделяется на четыре типа и это является преимущественным параметром в выборе перед реляционными СУБД:

- СУБД с мягкими директивными сроками;
- СУБД с условно мягкими директивными сроками;
- СУБД с крепкими директивными сроками;
- СУБД с жесткими директивными сроками.

Отказоустойчивость в реляционных базах данных (БД) достигается путем кластеризации. Но тут критическим местом являются системы связи, через которые связаны кластеры, автоматическое резервирование данных за счет настроек администратором СУБД. Учитывая факт, что в СУБД реального времени уделяется немало внимания к вопросу резервирования, поэтому ведется автоматическое резервирование коллекторов сбора данных с учетом возможного сброса питания, кластеризация так же как в реляционных СУБД. А также производственные СУБД буферизуют данные в коллекторе до исключения неполадок с системой, например, при обрыве сети или неполадках с сервером [3].

В плане безопасности данных в настоящее время – критическая задача по обеспечению высокой степени защиты и целостности данных. Производственная БД значительно опережает реляционную БД в аспектах безопасности, по причине требований с точки зрения соответствия стандартам безопасности. А также СУБД РВ по функциональности стараются не наделять пользователей функциями ввода, обновления, изменения и добавления данных через стандартные интерфейсы, а для этого используют связь реляционной СУБД, таким образом, спроектированная система – модульная, упрощает задачу проектирования информационной системы.

При выборе СУБД необходимо учитывать следующие критерий отбора [4, 5]:

1. поддержка платформ;
2. размеры данных и возможности СУБД по размерам;
3. встроенная возможность сбора данных;
4. высокая скорость сбора данных с многоканальных датчиков;
5. эффективность хранения данных и их сжатие;
6. скорость обработки данных и гарантия обработки за определенный промежуток времени;
7. отказоустойчивость;
8. безопасность данных;

9. простота внедрения.

Первый пункт критерия рассмотрен в табл. 1 на основных используемых СУБД.

Таблица 1. Поддержка архитектур

СУБД	x86	x86_64	MIPS	ARM	PowerPC	System Z
PostgreSQL 9.4	+	+	+	+	+	+
MySQL	+	+				
Lintar	+	+	+	+	+	+
FireBird	+	+	+	+	+	
eXtremeDB	+	+	+	+	+	
BerkleyDB	+	+	+	+	+	+
Hytech	+					

Выводом в настоящий момент является то, что выбор реляционной СУБД PostgreSQL является основным преимуществом для последующей аналитики [6].

В дальнейшем планируется проверка СУБД eXtremeDB, которая базируется для оборонной промышленности зарубежных стран. Ниже в табл. 2 приведены результаты тестирования производительности на запись сведений используемых в БПЛА.

Таблица 2. Результаты тестирования производительности

Имя	Команда	Количество записей	Время, с	
MySQL 5.6	Insert	250 000 records	311,4375	
PostgreSQL 9.3	Insert	250 000 records	282,4375	
Lintar Standart Edition	Insert	250 000 records	276,1667	freeBSD
PostgreSQL 9.3	Insert	250 000 records	211,9631	github.com/tokkee/posttr
RRD	Insert	250 000 records	169,42	
MySQL 5.6 архитектура с Facebook	Insert	250 000 records		

Литература

1. Промышленная СУБД реального времени [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.adastra.ru/products/overview/database/>, своб.
2. Тестирование нагрузки MySQL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ruhighload.com/index.php/2010/03/05/sysbench-testiruem-proizvoditelnost-mysql/>, своб.
3. Преимущества производственного хранилища данных перед реляционными СУБД [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://technolink.spb.ru/downloads/firm/Historian%20vs%20RDB.pdf>, своб.
4. Гатчин Ю.А., Жаринов И.О., Жаринов О.О. Архитектура ПО АРМ разработчика бортового авиационного оборудования // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – № 2 (78). – С. 140–141.
5. RRDTool. Теория и практика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dutyadmin.ru/content/rrdtool-teoriya-i-praktika>, своб.
6. MySQL и PostgreSQL. Часть 1. Сравнительный анализ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-mysql-postgresql/01/>, своб.

СОДЕРЖАНИЕ

Научные работы участников конкурса «Молодые ученые Университета ИТМО» 2015 года	3
Алексашкина Е.И. Стратегия и тактика развития интрапренерства	4
Алёхин А.А. Разработка методики оценки степени обогатимости твердых полезных ископаемых оптическим методом	7
Антонов А.А. Методика оценки кадрового инновационного потенциала организации	13
Антонов А.А. Метод микроархитектурного анализа систем на кристалле	18
Балакшин П.В. Использование системы распознавания речи при анализе работы телефонной службы поддержки	24
Баля В.К. Микрополосковые оптические волноводы, полученные комбинацией реактивно-ионного травления полимерного кладдинга и фоторезиста.....	28
Белозерова М.С. Разработка технологии пастообразного продукта повышенной биологической ценности для геродиетического питания	32
Блинова И.В. Каталитическая активность на поверхности наночастицы	38
Бутылкина К.Д. Исследование свойств и возможностей основных типов трехзеркальных систем без компенсаторов	41
Быковский С.В. Метод встроенного функционального мониторинга с динамической актуализацией модели поведения для систем на кристалле	47
Вавулин Д.Н. Квантовые блуждания и генерация фотонных пар в закрученных массивах волноводов	53
Вишератина А.К. Эффективность переноса энергии в комплексах квантовых точек с хлорином еб	56
Вундер (Полинова) Н.А. Фактор кратности собственных чисел: вопросы теории и приложения в задачах управления	61
Головинская О.В. Исследование кинетики биологических процессов при культивировании чайного гриба <i>Medusomyces gisevi</i>	67
Горовой А.А. Влияние социальной инфраструктуры на развитие экономики региона	73
Денисултанов А.Х. Разработка генератора терагерцового излучения на основе графена с управляемыми характеристиками.....	78
Дмитриев А.С. Методы балансировки UDP-дейтаграмм между сотовыми сетями	82
Ежова В.В. Модульное проектирование оптических систем различного назначения.....	85
Ежова К.В. Анализ качества изображений, образованных реальной оптической системой переменного увеличения	91
Ефимов М.Е. Разработка и исследование высокочувствительной системы мультиплексированных волоконно-оптических гидрофонов для геофизической разведки.....	95
Жигалова С.А. Анализ и исследование SEO-данных	100
Жуков М.В. Улучшение пространственного разрешения в сканирующей силовой микроскопии нанообъектов при использовании кантилеверов с вискерами	103
Зайцева А.С. Разработка и изучение системы для концентрации лазерного излучения с переменным расстоянием фокусировки.....	110
Зуева О.А. Комплексный подход к исследованию эквифинальности и управления национальным хозяйством России и его подсекторами	115
Зулина Н.А., Денисюк И.Ю. Синтез нелинейно-оптических наночастиц методом лазерной абляции молекулярных органических кристаллов.....	121
Иванько Д.В. Анализ современных методов аудиовизуального распознавания речи, основанных на глубоком обучении	125
Калинин И.В. Оценка характеристик приоритетной модели сервера распределенной информационно-вычислительной системы	128
Карпов А.А. Многомодальное распознавание русской речи по аудио- и видеоинформации	132

Клакевич А.В. Распределение приоритетов в системах с вероятностными ограничениями	138
Козлов А.С. Разработка конструкции встраиваемого аппаратного модуля для электронных устройств.....	142
Коломойцев В.С. Анализ возможностей типов межсетевых экранов	145
Копылов Д.С. Реализация совместной проектной деятельности обучающихся на платформе онлайн-обучения	149
Коржук В.М. Анализ поведения устройств сенсорной сети, подвергающихся атаке типа «Отказ в обслуживании»	152
Кочегарова Т.С. Характеристика затрат при выборе наилучших доступных технологий: европейский опыт	158
Кузьмин Е.В. Исследование биоструктур лазерными методами	162
Курганова Е.В. Разработка технологии хлебобулочных изделий функционального назначения для предприятий общественного питания.....	166
Лабковская Р.Я. Анализ жесткости плоских упругих чувствительных элементов электромеханических устройств систем управления	172
Левина А.Б., Таранов С.В. Построение AMD-кодов на основе вейвлетных преобразований	175
Левина М.И. Оценка инновационного потенциала экономических систем Российской Федерации	181
Львов А.А. Современная картина мира: постмодернизм vs постромантизм	184
Маркина Т.А. Оценка актуальности угрозы внедрения и запуска вредоносной программы для информационной системы	188
Минаева Л.В. Исследование и интенсификация процесса динамического измельчения плодов лимона для производства напитков с мякотью	192
Минаева Т.В. Разработка аппарата охлаждения и кратковременного хранения плодов и овощей сферической формы	195
Мунько А.С. Запись решеток Брэгга в двулучепреломляющее оптическое волокно с эллиптической напрягающей оболочкой, подвергнутое водородной обработке	199
Насонова Ю.К. Исследование возможности использования сырья грецкого ореха при производстве кисломолочных напитков	204
Олейник А.Л. Высокоскоростной трекинг лиц на основе бинарных дескрипторов	209
Пастухов А.С. Разработка структурной схемы стабилизации процесса охлаждения хлебобулочных изделий.....	215
Перетягин В.С. Исследование и разработка управляемого светодиодного источника света сложной конфигурации для решения задачи цветового анализа объектов в автоматическом режиме.....	219
Пинкевич В.Ю. Использование архитектурных абстракций в проектировании систем на кристалле	224
Пирогов А.В. Интегрированный подход к разработке и моделированию технологических процессов производства оптических изделий из полимерных материалов	229
Пискова А.В. Усиление стойкости схемы аутентификации информации путем решения нескольких вычислительно сложных задач.....	234
Погорелая Д.А. Исследование влияния паразитной амплитудной модуляции фазового модулятора на сигнал волоконно-оптического гироскопа	237
Позднякова С.А. Исследование влияния введения наночастиц ZnO на процесс термодеструкции голографических композитов	242
Попов А.И. Зонная структура спектра электрона в системе параллельных цепочек потенциалов нулевого радиуса	246
Попова Д.А. Разработка учебно-исследовательского комплекса имитационного моделирования современных дисциплин обслуживания в компьютерных сетях	251
Посевкин Р.В. Применение компьютерной лингвистики для оценки общественного мнения	256

Правдин К.В. Явно решаемые модели в задачах о метаматериалах.....	260
Романенко А.Н. Исследование смеси обучающих речевых корпусов в задаче распознавания спонтанной речи.....	264
Рюмин Д.А. Модель компьютерного синтеза казахского жестового языка.....	267
Сергеев М.М. Лазерное управление плотностью пористых силикатных стекол фемтосекундными импульсами	271
Сержантова М.В. Конечные цепи Маркова в модельном представлении деятельности человека.....	276
Силакова Л.В. Коммерциализация научных разработок как фактор развития современного университета	282
Симон И.А. Разработка плана развития инновационной инфраструктуры, с целью повышения эффективности ее практического применения в условиях кризиса	287
Смирнова Л.А. Стратегическое управление инновационным потенциалом предприятия в целях формирования его конкурентных преимуществ.....	291
Солдатова Е.А. Внутренний аудит информационной безопасности при рассмотрении программного обеспечения	296
Соснин В.В. Экспериментальный анализ производительности протокола TCP при использовании балансировки трафика в асимметричных каналах связи.....	301
Струевич А.В. Исследование особенностей лазерной абляции неметаллических материалов	306
Трифанов А.И. Протокол непрямого измерения дисперсии квадратур электромагнитного поля в динамическом эффекте казимира.....	309
Фарашиани М.А. Оценка качества функционирования корпоративной компьютерной сети	316
Хасанов А.Р. Использование сухих экстрактов плодово-ягодного сырья, обогащенных флавоноидами, в качестве консервантов в напитке специального назначения, направленном на снижение рисков сердечно-сосудистых заболеваний.....	321
Гурвиц Е.А., Андронаки С.А., Возианова А.В., Ходзицкий М.К. Маскирующее покрытие на основе среды с угловой зависимостью материальных параметров	324
Цесь Ю.В. Разработка методики измерений массовой концентрации табачной пыли в организованных источниках выбросов предприятий табачной отрасли	330
Цопа Е.А. Связь узлов семантического графа с метаданными в CASE-системах.....	333
Цуканова О.А. Проблемы коммерциализации научно-технических разработок в России.....	337
Цымжитов Г.Б. Сравнительный анализ системы управления базами данных реального времени	341

Научные работы участников конкурса «Молодые ученые Университета ИТМО» 2015 года

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Дизайн обложки

Зав. РИО

Редактор

Подписано к печати 21.04.2016

Заказ № 3598

Тираж 100 экз.

Н.А. Потехина

Н.Ф. Гусарова

Л.Н. Точилина